



**WALKABILITY INDEX ASSESMENT IN BARRANQUILLA**

**Jennifer Arellana Guzman**

**Tutores:** Laura Andrea Vega Hernandez

Julian Alberto Arellana Ochoa

Universidad de la Costa, C. U. C.

Facultad, Departamento Ingeniería Civil

Barranquilla, Colombia

2018

## Contenido

Resumen.....	7
Abstract.....	8
1. Introducción.....	9
2. Planteamiento del problema.....	11
3. Objetivos del proyecto.....	13
3.1. Objetivo general: .....	13
3.2. Objetivos específicos: .....	13
4. Marco teórico y estado del arte .....	14
4.1. Marco teórico .....	14
4.1.1. Transporte sostenible .....	14
4.1.2. Métodos para priorizar la ubicación de una infraestructura urbana .....	14
4.1.3. Unidades de medidas espaciales .....	15
4.1.4. Walk Score. ....	17
4.1.5. Pedestrian Potential Index (PPI). ....	17
4.1.6. Pedestrian environment index (PEI). ....	17
4.1.7. Sidewalk quality score. ....	18
4.1.8. Nivel de servicio peatonal. ....	18
4.1.9. Overall level of service.....	19
4.1.10. Análisis Multicriterio .....	20
4.1.11. Google Earth.....	21
4.1.12. ArcGIS.....	21

4.2.	Estado del arte .....	22
4.2.1.	Método por Matley, Goldman y Fineman .....	23
4.2.2.	Índice de accesibilidad por Church y Marston. ....	23
4.2.3.	Método por Moudon et al. (2006). ....	24
4.2.4.	Índice de accesibilidad (Mackett, Achuthan, & Titheridge, 2008). ....	25
4.2.5.	Método por Mantri (2008). ....	25
4.2.6.	Glazier et al. (2008). ....	25
4.2.7.	Método por Acono et al. (2010) y Hall (2010). ....	25
4.2.8.	Método por Kelly et al. (2011). ....	26
4.2.9.	Método por Loo & Lam (2012). ....	27
4.2.10.	Método por Tal & Handy (2012). ....	27
4.2.11.	Método por Vargo et al. (2012). ....	27
4.2.12.	Método por Sayyadi & Awasthi (2012). ....	28
4.2.13.	Método por Frackelton (2013). ....	28
4.2.14.	Método por Sayyadi y Awashti (2013). ....	29
4.2.15.	Método por Kubat et al. (2013). ....	29
4.2.16.	Walk score. ....	29
4.2.17.	Método por S. Park, Choi, & Lee, (2015). ....	30
4.2.18.	Método por Blečić et al. (2015). ....	30
4.2.19.	Método por Özbil et al. (2015). ....	31
4.2.20.	Método por Vale, Saraiva, & Pereira, (2015). ....	31
4.2.21.	Método por Tribby et al., (2016). ....	32
5.	Diseño metodológico .....	34

5.1.	Paso 1: recolección de datos existentes .....	34
5.2.	Paso 2: toma de datos del estado físico de las vías .....	42
5.2.1.	Movilidad peatonal. ....	43
5.2.2.	Seguridad vial. ....	49
5.2.3.	Seguridad ante robos. ....	52
5.2.4.	Comodidad peatonal. ....	53
5.2.5.	Atractividad.....	55
5.3.	Paso 3: función representativa al índice Walkability .....	56
5.4.	Paso 4: mapa georreferenciado.....	57
6.	Análisis de resultados y políticas propuestas .....	58
6.1.	Políticas .....	62
6.1.1.	Propuesta #1. ....	64
6.1.2.	Propuesta #2. ....	65
7.	Conclusiones e investigaciones o aplicaciones futuras .....	68
7.1.	Impactos Sociales esperados .....	69
7.2.	Medio ambiente:.....	69
	Anexos .....	70
	Referencias.....	73
	Bibliografía.....	80

**Lista de tablas**

Tabla 1	Resultados de la encuesta del componente de movilidad peatonal. ....	36
Tabla 2	Resultados de la encuesta del componente de seguridad vial. ....	37
Tabla 3	Resultados de la encuesta del componente de seguridad ante robos. ....	38
Tabla 4	Resultados de la encuesta del componente de comodidad. ....	39
Tabla 5	Resultados de la encuesta del componente de atractividad. ....	41
Tabla 6	Resultados de la encuesta de los componentes que afectan la accesibilidad peatonal. .....	42
Tabla 7.	Relación del índice matemático del ancho de la vía según el tiempo de cruce. ....	51
Tabla 8.	Índice de accesibilidad según cantidad de vías evaluadas. ....	59
Tabla 9.	Índice de accesibilidad ponderado. ....	60
Tabla 10.	Simulación de políticas. ....	63
Tabla 11.	Variación de los índices con la aplicación de la propuesta 1. ....	65
Tabla 12.	Políticas - propuesta #2. ....	66
Tabla 13.	Variación de los índices con la aplicación de la propuesta 2. ....	67

### Lista de figuras

Ilustración I. Sección o perfil vial de un sector planificado. (planeación, 2012) .....	44
Ilustración II. Sección o perfil vial de un sector no planificado. (planeación, 2012).....	45
Ilustración III. Ejemplo de ancho de andén. (Google-earth, Información extraída en el 2017) .....	46
Ilustración IV. Ejemplo de longitud del andén. (Google-earth, Información extraída en el 2017) .....	47
Ilustración V. Ejemplo de longitud de obstáculos. (Google-earth, Información extraída en el 2017) .....	48
Ilustración VI. Ejemplo de longitud de discontinuidad. (Google-earth, Información extraída en el 2017).....	49
Ilustración VII. Ejemplo de ancho de la vía vehicular. (Google-earth, Información extraída en el 2017).....	51
Ilustración VIII. Mapa de las vías principales de Barranquilla. (Mapa elaborado en Qgis)....	58
Ilustración IX. Vías arteriales. (Elaborado en Qgis) .....	61
Ilustración X. Vías colectoras. (Elaborado en Qgis) .....	61
Ilustración XI. Vías Semiarterias. (Elaborado en Qgis) .....	61
Ilustración XII. Vías locales. (Elaborado en Qgis) .....	61
Ilustración XIII. Índice de accesibilidad peatonal en las vías principales de Barranquilla. (Mapa elaborado en Qgis) .....	62

### **Resumen**

La presente investigación estará orientada a evaluar la infraestructura existente para peatones a través de medidas de accesibilidad y conectividad tomando en cuenta también otras variables como entorno construido, percepción de los peatones y variables topológicas. Además, proponer políticas que aumenten la facilidad con la que los peatones pueden caminar en la ciudad, evaluando el impacto que puedan tener sobre ellos.

Para ello se realizó la recolección de información necesaria que permitiera conocer el estado físico y evaluar la caminabilidad de las vías principales de la ciudad de Barranquilla haciendo uso de un índice de caminabilidad desarrollado a partir de los resultados de percepción de una encuesta a peatones propuesta para la ciudad (Saltarín, 2017). La aplicación del índice servirá para determinar el estado de la infraestructura peatonal y conocer los lugares que deberían ser intervenidos en la ciudad si se busca mejorar la cantidad de viajes que se realizan en modo caminata. Este índice será la base metodológica principal en este proyecto. Cabe resaltar que este proyecto es la primera aplicación de un índice de este tipo en el país de Colombia.

#### ***Palabras clave:***

Accesibilidad, conectividad, entorno, percepción, topológicas, políticas, estado, caminabilidad, índice.

### **Abstract**

The present investigation will be oriented to evaluate the existing infrastructure for pedestrians through measures of accessibility and connectivity taking into account also other variables such as built environment, pedestrian perception and topological variables. In addition, propose policies that increase the facility with which pedestrians can walk in the city, evaluating the impact they may have on them.

For this purpose, the necessary information was collected to know the physical condition and evaluate the walkableness of the main roads of the city of Barranquilla, using a walkability index developed from the results of a pedestrian survey for the city (Saltarín, 2017). The application of the index will serve to determine the state of the pedestrian infrastructure and know the places that should be operated in the city if it is searching to improve the amount of trips that are made in walking mode. This index will be the main methodological basis in this project. It should be noted that this project is the first application of an index of this type in the country of Colombia.

### **Keywords**

Accessibility, connectivity, environment, perception, topological, policies, state, walkability, index.



## 1. Introducción

También llamado índice accesibilidad peatonal. A pesar de su uso extensivo en distintos estudios, su definición es aún un reto para los investigadores, quienes la definen de diferentes maneras dependiendo del contexto. Algunas definiciones son:

- La calidad del ambiente construido percibido por los individuos y medido por diferentes indicadores (Park, 2008).
- Moudon et al. (2006) definen que una zona caminable es aquella en que los peatones tienen la capacidad de caminar no solamente por la alta movilidad del andén o por buena accesibilidad a dicha zona, sino que se considera la sociabilidad entre peatones, la cual afecta la salud física, mental y espiritual de las personas en la comunidad. También, puede ser definida como el grado en que caminar es disponible para los peatones, considerando que el área es segura, accesible y placentera ([www.tfl.gov.uk](http://www.tfl.gov.uk)).
- Niemeier (1997) define la accesibilidad como la facilidad en la que una entidad se moviliza desde un punto de origen hacia un destino específico usando la red de transporte.
- El pionero de las medidas gravitacionales, Hansen (1959), considera la accesibilidad como la habilidad de una entidad para superar la separación espacial.

Los índices de caminabilidad pueden clasificarse según la unidad espacial de análisis, a nivel micro o a nivel macro. Las medidas a nivel macro y micro tienen como objetivo evaluar el grado de satisfacción al caminar por una zona (nivel macro) o un tramo de vía (nivel micro) que es el caso de esta investigación.

La importancia de este tipo de índice es grande ya que si este aumentará, mejorará la infraestructura para peatones, significaría fomentar el uso del transporte sostenible. El transporte sostenible se define como la “satisfacción de las necesidades de movilidad y de transporte actuales sin comprometer las capacidades de las generaciones futuras para satisfacer dichas necesidades” (Black, 1996). Fomentar este tipo de transporte es una de las metas actuales en la planeación del transporte, ya que mediante el desarrollo de éste se aumentará la circulación peatonal y además puede contribuir en diferentes problemáticas de salud, de orden energético y equidad. Aumentar el uso del transporte activo (en este caso caminar), disminuye el uso del transporte pasivo, fomentando así más el ejercicio, disminuyendo la tasa de sedentarismo y la tasa de enfermedades crónicas causadas por esta. Además, al mismo tiempo disminuirá la contaminación y aumentaran las zonas verdes, ya que el Plan de Ordenamiento Territorial contempla la arborización de las zonas caminables.

## 2. Planteamiento del problema

Históricamente, la ciudad de Barranquilla ha contado con procesos de planificación débiles. Como consecuencia de lo anterior, las vías no son aptas para la circulación de personas con algún grado de discapacidad ni fomentan la realización de viajes en modo caminata. Esta condición promueve la existencia de un alto porcentaje de sedentarismo y contaminación en la ciudad, siendo estos unos de los indicadores responsables de enfermedades crónicas, que se asocian al aumento de enfermedades cardiovasculares, cáncer, obesidad y diabetes. La poca planificación de la ciudad y la falta de control sobre el espacio público, ha permitido que existan invasiones sobre el espacio peatonal. Es común que el espacio público en la ciudad se haya convertido en terrazas privadas, en parqueaderos, y en lugar donde se ubican comerciantes.

Por otro parte, para impulsar un mejoramiento urbanístico de la ciudad e incentivar el uso de modos activos de transporte (en este caso la caminata), se deben considerar, entre otras, variables como el estado de la infraestructura peatonal y la seguridad de los peatones al circular. Por ello, si se desea lograr un transporte sostenible en Barranquilla, la pregunta de los planificadores debería ser: ¿cómo se puede mejorar la movilidad de la ciudad e incentivar igualmente a los ciudadanos para usar modos de transporte activos?

Para responder la pregunta anterior, debe tenerse en cuenta la magnitud del problema, partiendo de un análisis de las condiciones actuales de transitabilidad que ofrece la infraestructura vial. En particular, este proyecto de investigación plantea estimar y aplicar un índice de caminabilidad sobre las vías principales de la ciudad, el cual fue desarrollado mediante el análisis de encuestas de la percepción realizadas a peatones de la ciudad (Saltarín, 2017). A partir de los valores iniciales del índice, se simulará la implementación de una serie de políticas de transporte sostenible para verificar el impacto de dichas políticas sobre dicho índice. Dentro

de la evaluación planteada, se buscará determinar cuáles son las políticas que mayor impacto tendría en la percepción de caminabilidad que tienen los peatones de la ciudad y por tanto, promoverían la realización de viajes en modo caminata.

La autora de este proyecto de grado no conoce aplicaciones similares en otras ciudades a nivel nacional, por lo que considera que la realización de este estudio representa una novedad académica para el país. Además, la evaluación del impacto de políticas de transporte sostenible sobre la caminabilidad permitirá entregar algunas recomendaciones a los planificadores de la ciudad, lo cual es también una novedad práctica para la ingeniería de la ciudad y el país.

### **3. Objetivos del proyecto**

#### **3.1. Objetivo general:**

Evaluar la caminabilidad peatonal en las vías principales de la ciudad de Barranquilla a través de un índice de accesibilidad desarrollado y estimar su variación ante la aplicación de diferentes políticas de transporte sostenible.

#### **3.2. Objetivos específicos:**

- Aplicar un índice de accesibilidad para evaluar el estado actual de caminabilidad peatonal sobre las vías principales de la ciudad de Barranquilla.
- Realizar un análisis estadístico y geográfico de la caminabilidad en la ciudad de Barranquilla.
- Evaluar el impacto de diferentes políticas de transporte sostenible en la caminabilidad de la ciudad de Barranquilla.

## **4. Marco teórico y estado del arte**

### **4.1. Marco teórico**

Antes de abordar la metodología para obtener el índice de caminabilidad, en este capítulo se presentan algunos conceptos previos relativos al mismo.

#### **4.1.1. Transporte sostenible**

Se define como “satisfacción de las necesidades de movilidad y de transporte actuales sin comprometer las capacidades de las generaciones futuras para satisfacer dichas necesidades” (Black, 1996). El transporte sostenible es una de las metas actuales en la planeación del transporte, ya que mediante el desarrollo de éste se puede dar solución a diferentes problemáticas de salud, de orden energético y equidad (acceso igualitario a oportunidades/actividades).

#### **4.1.2. Métodos para priorizar la ubicación de una infraestructura urbana**

Para identificar y priorizar posibles localizaciones de infraestructura urbana comúnmente se usan distintos métodos de análisis multicriterio: el proceso de jerarquía analítica, el proceso analítico en red, eliminación y selección expresando la realidad, ponderación aditiva simple, teoría de utilidad multiatributo, programación lineal para el análisis multidimensional de preferencias, métodos de preferencia mediante ranking, simulación basada en agentes, análisis multicriterio combinado con sistemas de información geográfica o costo-beneficio (Deluka-Tibljša, Karleuša, & Dragičević, 2013). En particular, en este proyecto de grado se encontró que en el desarrollo y uso de los índices de caminabilidad comúnmente se han usado las siguientes metodologías:

- Proceso analítico jerárquico (AHP): Usado para construir el índice de “Walk score” a partir de encuestas a expertos. Este índice es más diciente que el

propuesto por el Highway Capacity Manual (HCM, 2000) porque considera no solamente factores cuantitativos, sino también cualitativos. Incluye una encuesta preliminar para conocer la percepción de los peatones y seleccionar los factores que componen el "Walk score". También incluye factores contruidos mediante las teorías y técnicas de la sintaxis del espacio (Lee et al., 2013).

- Simulación basada en agentes (Badland et al., 2013): Considera un solo agente, el cual es programado para transitar por todos los lados de una red desde un punto hasta una distancia dada, considerando conflictos peatonales como: vías principales, ríos, edificios, y pendientes en la vía. Este agente considera una velocidad de caminata y tiempo de espera en las intersecciones. Con esto es posible evaluar una medida isócrona similar al "Walk score" pero considerando interacción con el ambiente construido.

Yin (2013) evalúa la caminabilidad usando un enfoque de simulación basado en agentes interactuando con el ambiente construido. Esta metodología consiste en que cada agente se encuentra en un polígono (celda de 30 x 30 pies), y puede caminar máximo 10 minutos. Cada celda tiene atributos sobre usos del suelo, conectividad y seguridad ante robos. El agente cuando se moviliza por esa celda, cambia la variable de caminabilidad pues depende de los atributos antes mencionados, los cuales cambian a medida que el agente transita por la celda. La velocidad de éste es de 4,8 km/h como se establece en la literatura.

#### **4.1.3. Unidades de medidas espaciales**

Las unidades de medidas espaciales son a nivel macro y micro. Los índices de caminabilidad analizados a nivel macro, se refiere como unidad espacial de medida al

barrio (Frank et al., 2006), ciudad (Krambeck, 2006), zonas de actividad (Tribby, Miller, Brown, Werner, & Smith, 2016), o zonas basadas de análisis de tráfico. Por otra parte, en los índices a nivel micro, la unidad especial de medida es el tramo o la vía (Loo & Lam, 2012; Sungjin Park, 2008).

A nivel macro, Bradshaw (1993) desarrolló una medida de accesibilidad que no incluye indicadores de conectividad y solo considera variables que caracterizan al ambiente construido. Para su construcción, se asignan puntos a cada indicador según el criterio del autor.

Frank et al. (2006) calcula su índice mediante suma de valores estandarizados de atributos a nivel zonal, como: densidad residencial, conectividad, uso del suelo, y porcentaje de área comercial sobre área total de la zona. Dobesova & Krikvka (2012), Freeman et al. (2013); y Reyer et al. (2014) hacen uso de este índice en sus estudios de asociación de la caminata con la actividad física y enfermedades crónicas como la diabetes, la hipertensión y la obesidad.

Krambeck (2006) se basó en la aplicación de encuestas de percepción para medir la facilidad de caminar en las ciudades. Entre los atributos considerados se encuentran conflictos debido a distintos modos de transporte, seguridad al cruzar, percepción de seguridad ante el crimen, calidad de comportamiento de transporte motorizado, estado del andén, entre otros.

A nivel micro, se han desarrollado métodos como el “Nivel de Servicio Peatonal” por Gallin (2001) y Landis et al. (2001). Las medidas de caminabilidad a nivel macro o micro se encuentran relacionadas con distintas variables asociadas a la salud física, y a la demanda peatonal, entre otros.



#### **4.1.4. Walk Score.**

“Walk Score” es una medida que incluye la impedancia desarrollada con la ayuda de distintos autores y validada en distintos estudios. Consiste en establecer un peso a cada destino de una ruta, y suman esos pesos considerando que la duración máxima caminando en cada ruta sea 5 minutos. Posteriormente se calcula la medida de impedancia mediante una función de decaimiento (típicamente exponencial) usada para darle menor puntuación a los destinos que están más alejados del origen. Su unidad de análisis espacial es a nivel macro, generalmente a nivel zonal (<https://www.walkscore.com>).

El índice “Walk score” es similar al índice de accesibilidad peatonal, pero incluye variables topológicas y de accesibilidad basadas en distancia. En ese caso, comúnmente se tiene en cuenta la distancia mínima entre puntos, la densidad de las intersecciones y la longitud de andenes, entre otros.

#### **4.1.5. Pedestrian Potential Index (PPI).**

Matley et al. (2000) aplicaron este índice para identificar las áreas censales donde pueden fomentarse los viajes a pie. Este índice tiene en cuenta densidad de la población, densidad del empleo, comportamiento de la movilidad de personas según el uso del suelo, y densidad de la red de transporte. En este caso se establecen unos umbrales a cada indicador. Si alguna zona presenta un valor encima del umbral significa que presenta alta demanda potencial.

#### **4.1.6. Pedestrian environment index (PEI).**

Es construido mediante cuatro sub-índices que específicamente fueron seleccionados porque capturan aspectos relevantes al diseño urbano peatonal según Parks y Schoger (2006). El índice se modela mediante la multiplicación de los indicadores, debido a que un cambio en algún indicador induce a un cambio en otro, por ello este índice no puede ser

lineal. En el estudio se realiza una aplicación en Chicago y se concluye que el índice creado tiene concordancia con las expectativas generales basadas en el conocimiento previo acerca de la configuración urbana actual de la ciudad (Peiravian, Derrible, & Ijaz, 2014)

#### **4.1.7. Sidewalk quality score.**

Es una medida a nivel micro para evaluar el grado de satisfacción de los peatones al momento de caminar por una vía hacia un destino. Fue desarrollado por Frackelton et al. (2013) y consiste en evaluar distintos atributos que influyen en la calidad del andén y en mayormente en la accesibilidad para discapacitados. Mediante el uso de una aplicación Android llamada “Sidewalk Sentry” se recopila la información y el índice se crea a partir de relacionar estadísticamente la valoración de los expertos sobre cada atributo y los parámetros observados mediante análisis de clúster.

#### **4.1.8. Nivel de servicio peatonal.**

El nivel de servicio peatonal es definido como la medida global de las condiciones para caminar en una ruta, camino o instalación. Es decir, su unidad de análisis espacial es a nivel micro (Gallin, 2001); (Landis et al., 2001). En este índice se consideran medidas de servicio como velocidad, tiempo de viaje, volumen vehicular, comodidad y conveniencia (HCM, 2000). El primer nivel de servicio peatonal calibrado mediante la percepción de los usuarios, fue introducido por Khisty (1994), aunque entre los índices más importantes se encuentran:

- “Australian Method” (Gallin, 2001).
- HCM method.
- “Trip Quality Method”(Jaskiewicz, 2000).

- “Landis Method” (Landis et al., 2001).
- “Tan Dandan Method” (Dandan, Wei, Jian, & Yang, 2007).

Los índices desarrollados por Gallin (2001) y Jaskiewicz, (2000) no consideran percepción de los usuarios. Su modelación considera el promedio ponderado de los valores de cada atributo, donde el peso de cada atributo es establecido con respecto a la percepción de expertos. Por su parte, Landis et al. (2001) y Dandan et al. (2007) consideran la percepción de los usuarios, y calibran su versión de los índices mediante métodos de regresión. Hasan et al. (2015) concluyen que los índices que mejor explican la percepción de los usuarios consideran atributos como seguridad, conflictos con otros usuarios, zona de separación entre flujo vehicular y peatonal, instalaciones para cruce peatonal, obstrucciones, condición del pavimento, ancho del andén y sombra en el andén. Entre los índices, Hasan et al (2015) declaran que el mejor es “Australian Method” debido a que contiene en su evaluación siete de los ocho atributos más importantes. Otros índices que resultaron tener un buen desempeño son el “Trip Quality Method” y el HCM (2000).

Este índice puede ser construido mediante regresiones discretas o continuas con uso de encuestas de preferencias declaradas o reveladas (Jensen, 2007); (Kim, Choi, & Kim, 2013); (Muraleetharan & Hagiwara, 2007). La asignación de puntos se realiza mediante encuestas de percepción de los atributos relacionados con la calidad del diseño urbano, los cuales afectan el nivel de servicio de los andenes (Talavera-Garcia & Soria-Lara, 2015), o asignación de puntos mediante observación (Jaskiewicz, 2000).

#### **4.1.9. Overall level of service.**

Desarrollado por Muraleetharan y Hagiwara (2007). Es un índice de servicio peatonal que considera tanto el segmento como las intersecciones como sus unidades de análisis. Para su

construcción se aplica la técnica de análisis conjunto con encuestas de preferencias declaradas. Dichas encuestas son distintas cartillas que se evalúan por algún individuo entre 0-10, donde 10 es que la vía o la intersección es buena para caminar. Para calcular los valores de las utilidades se usa regresión lineal con variables dummy como independientes, las cuales son el nivel de cada atributo, mientras que las variables dependientes son el resultado de la encuesta de preferencias declaradas. Luego de calcular cada valor de las utilidades para cada nivel de cada atributo, se calcula el “overall LOS<sup>1</sup>”. El peor escenario corresponde a la suma de los menores valores de las utilidades de los niveles de cada atributo. En este caso el LOS toma valor de 0, mientras que el mejor escenario se le asigna el valor de 6. Finalmente, se calcula un modelo de elección de ruta mediante este índice como variable independiente.

#### **4.1.10. Análisis Multicriterio**

El análisis multicriterio es una herramienta de apoyo en la toma de decisiones durante el proceso de planificación que permite integrar diferentes criterios de acuerdo a la opinión de actores en un solo marco de análisis para dar una visión integral.

Debe considerarse que el procedimiento es un auxilio metodológico a la toma de decisión, que debe ser con la debida prudencia, pues, de cualquier manera, en el proceso de evaluación multicriterio, como también en otros procedimientos usados con el mismo fin, no se pueden eliminar totalmente los factores subjetivos.

Para minimizar el riesgo, generalmente se conforma un comité específico, integrado por los principales actores involucrados en el tema, como por ejemplo, las autoridades locales de la localidad, las autoridades regionales y nacionales según el caso, y representantes de la

---

<sup>1</sup> LOS, abreviatura de “level of service”.

sociedad civil. Los actores involucrados deben llegar a consensos para establecer, entre otras cosas:

- Las alternativas a ser analizadas.
- Los objetivos.
- Las variables.
- Los criterios.
- Los pesos de importancia relativa para los criterios definidos.

En una segunda fase, los expertos en la aplicación del método aplicarán los procedimientos matemáticos habituales, (método del “Scoring”, el “Proceso Analítico Jerárquico” u otro semejante), y luego realizarán un análisis de sensibilidad respecto a las principales variables.

En una tercera fase conclusiva, se presentará a los decisores los resultados para su validación, o para efectuar los ajustes necesarios (Chile, 2007).

#### **4.1.11. Google Earth.**

Es un programa informático que permite visualizar cartografía obtenida a partir de información satelital. Google Earth fue creado bajo el nombre de Earth Viewer 3D por la compañía Keyhole Inc, y luego fue comprada por Google en 2004.

#### **4.1.12. ArcGIS.**

Es un producto profesional que proporciona representaciones cartográficas 2D y 3D de Sistemas de Información Geográficos (SIG). Es una herramienta de análisis científico para identificar patrones, realizar predicciones y responder a preguntas, determinar relaciones espaciales, e identificar ubicaciones y rutas.

Las aplicaciones de ArcGIS proporcionan entornos específicos y fáciles de utilizar para compartir información geográfica. Existen aplicaciones para utilizarlas en el campo, en la oficina y en la comunidad, además, de las herramientas que se necesita para comprender y buscar patrones en imágenes a partir de una amplia variedad de orígenes.

#### **4.2. Estado del arte**

El índice de caminabilidad se ha usado alrededor de la historia en diferentes países por diferentes autores y por ende con diferentes metodologías, con el fin de mejorar la planificación vial y aumentar el uso del transporte sostenible, en este caso enfocándose a la caminata.

El transporte sostenible en la ciudad garantiza una movilidad apropiada y segura. La peatonalización de zonas urbanas es una política que está destinada a transformar la ciudad en un entorno más sostenible. Sin embargo, a menudo es un tema controversial debido a que enfrenta el rechazo de los ciudadanos, principalmente de los comerciantes (Muñuzuri, Cortés, Onieva, Guadix, & Jose, 2013). En Colombia, por ejemplo, durante el proyecto de peatonalización de la carrera séptima en Bogotá, se presentó inconformismo por parte de los comerciantes debido a la disminución de las ventas. Dichos inconformismos son debido a la presencia de habitantes en la vía, inseguridad en la zona, ventas ambulantes por el sector, la movilidad y el acceso principalmente en el centro de la ciudad de Bogotá.

Existen varios métodos para priorizar la ubicación de una infraestructura urbana que cambian dependiendo del autor, debido a que las necesidades que deben ser satisfechas para cada uno de estos autores son diferentes, y esto depende del objetivo que debe cumplir.

En general para escoger la localización de infraestructura de transporte, en este caso para peatones, se escogen distintos criterios que finalmente son métricas o índices, los cuales

consideran factores como comportamiento de los usuarios, usos del suelo, aspectos socioeconómicos, aspectos del entorno o variables topológicas, por lo que resulta pertinente realizar una investigación científica para la localización de vías peatonales que considere un índice capaz de medir la impedancia o la facilidad que tiene un peatón para transitar por una zona, por ello se propone la accesibilidad, debido a que ésta se puede definir como la facilidad de acceder a oportunidades potenciales (Hansen, 1959) o puede ser definido como la facilidad de traslado de un origen hacia un destino deseado. (Niemeier, 1997).

Cada método para hallar el índice de accesibilidad peatonal es diferente dependiendo del autor. A continuación, se describirán los métodos más significativos con el pasar de los años:

#### **4.2.1. Método por Matley, Goldman y Fineman.**

Fue publicado en el año 2000. Usaron el “Pedestrian Potential Index” (PPI) para la planeación de localización de infraestructura peatonal, para identificar las prioridades de inversión para infraestructura peatonal. Aunque los autores no eligen la mejor localización, debido a que no se identifican las áreas que fomenten los viajes a pie. Éste índice tiene en cuenta los siguientes atributos:

- Densidad de la población.
- Densidad del empleo.
- Comportamiento de la movilidad de personas según el uso del suelo.
- Densidad de la red de transporte.

#### **4.2.2. Índice de accesibilidad por Church y Marston.**

Fue publicado en el año 2003 e incluye la condición de personas discapacitadas. Este índice considera como componente individual el transporte y el uso del suelo. Establece que la condición de discapacidad se puede relacionar a que es más difícil para este tipo de

personas acceder a cualquier sistema de transporte y alguna actividad de su requerimiento. Por ello, se pueden evaluar la accesibilidad de personas discapacitadas con distintas medidas como las probabilísticas, gravitacionales y topológicas. El último caso usando distancia más corta hacia el destino requerido. Dichas medidas son calculadas de forma relativa, comparando el recorrido que deben hacer personas discapacitadas con personas no discapacitadas (Church & Marston, 2003).

#### **4.2.3. Método por Moudon et al. (2006).**

Estima medidas percibidas y medidas objetivas para la construcción del índice. Es decir, se consideran variables latentes. Entre ellas se encuentran calidad visual, percepción de las instalaciones para caminata, grado de familiaridad con el ambiente construido, y conflictos con los vehículos. Con base a esto, se estima un modelo Logit Multinomial considerando como variable dependiente el tiempo en que una persona camina y las variables independientes son las variables latentes mencionadas anteriormente y medidas objetivas como distancia al banco y escuela más cercanas, tamaño del barrio, entre otros. Adicionalmente, se calculan los valores de los umbrales de las variables objetivas independientes de cada uno de los tipos de peatones, los cuales son:

- Los peatones que caminan frecuentemente (+150 minutos).
- Los peatones que caminan regularmente (1-149 minutos).
- Los peatones que no caminen (0 minutos).

Adicionalmente, se realiza otra regresión logística, donde la variable dependiente es la percepción de presencia de supermercados, parques y escuelas, y las independientes son número de supermercados, parques y escuelas y finalmente tipo de peatones.



#### **4.2.4. Índice de accesibilidad (Mackett, Achuthan, & Titheridge, 2008).**

Incluye la condición de personas discapacitadas. A diferencia de lo hecho por Church y Marston, publicado en el año 2003, la accesibilidad también puede ser medida a través de la contabilidad de barreras de movilidad que afectan a personas discapacitadas para acceder a la red peatonal antes de llegar a su destino final. Estas barreras se establecen mediante el manual de accesibilidad.

#### **4.2.5. Método por Mantri (2008).**

Usa variables como conectividad, accesibilidad hacia actividades diarias cercanas, densidad residencial, uso del suelo heterogéneo, y seguridad, las cuales son fácilmente adaptadas a un GIS. Según el valor de éstas variables se asigna el valor del índice, y al final se promedia para conocer el índice global.

#### **4.2.6. Glazier et al. (2008).**

También incurrieron en el desarrollo de medidas de accesibilidad peatonal (Walkability). En este estudio se establecen las medidas calculadas mediante análisis factorial seguido por análisis de componentes principales. El primer componente es el índice en cuestión. El índice fue establecido bajo tres niveles: nivel censo, nivel de área y nivel de bloque. En los tres niveles el índice fue consistente, por lo que se concluye éste es robusto. Por otra parte, la validación se realiza correlacionándolo con variables como número de carros en el hogar, número de carros por persona, flujo peatonal, BMI, % de obesidad y flujo vehicular, demostrando correlación significativa con estas variables.

#### **4.2.7. Método por Acono et al. (2010) y Hall (2010).**

Este método calibra medidas de impedancia considerando como variable dependiente la fracción de viajes cubiertos por una distancia dada, y la independiente es la distancia de

viaje. Por otro lado, Hall (2010) considera índices donde la unidad de análisis son segmentos de línea a diferencia de otros autores que eligen como unidad de análisis cualquier tipo de polígono. Por ejemplo, la medida “HPE’s Walkability Index” es construida mediante asignación de puntos según el criterio de los autores y finalmente se promedia cada punto según el valor del atributo.

#### **4.2.8. Método por Kelly et al. (2011).**

Compara tres metodologías para evaluar la caminabilidad en una zona. Las metodologías son tres tipos de encuestas, las cuales son:

- Encuesta de preferencias declaradas: en esta se les presenta a los peatones escenarios hipotéticos de rutas, y éstos escogen entre dos rutas que prefieran. Los escenarios varían según los niveles de cada atributo evaluado.
- Encuestas reveladas: en esta el peatón evalúa la vía por la cual transita, seleccionando entre 1-5 (siendo 1 muy malo y 5 muy bueno) cada atributo.

Finalmente se realiza un estudio llamado el método móvil, el cual involucra un paseo acompañado de un entrevistador que graba digitalmente, permitiendo detallar la experiencia de caminar. Las preguntas de este tipo de encuesta están relacionadas con la facilidad de uso de la acera y la interacción con otros usuarios y modos de transporte. Finalmente así también como Sayyadi y Awashti (2013), Beiler y Phillips (2016) usan análisis multi-criterio (AHP) para priorizar infraestructura peatonal considerando encuesta de percepción a expertos, aunque en este caso el análisis es desagregado, porque se consideran segmentos de recta, en vez de zonas.

**4.2.9. Método por Loo & Lam (2012).**

Realizan un índice a nivel micro sobre caminabilidad hacia hospitales o puestos de salud, aplicado para personas mayores de edad. Al igual que Hall (2010), se realiza una evaluación a nivel micro de distintos indicadores mediante asignación de puntos. Aunque en este caso, dichos indicadores se evalúan 1-5 según el nivel de cada uno y al final se suma en promedio los valores de cada indicador. Luego se analizan mediante el uso de mapas y un gráfico de radar para ver las mejores que se deben realizar según cada indicador.

**4.2.10. Método por Tal & Handy (2012).**

En este estudio se aplican distintas medidas para comparar las redes peatonales y las redes viales. Se concluye que el índice LNR (link to node ratio) no representa de buena manera la comparación de inversión en infraestructura peatonal, porque la creación de una nueva línea peatonal puede reducir el valor de éste. Además, se reflejan grandes diferencias en el valor del índice cuando se aplica a redes suburbanas en comparación a la aplicación en redes viales, lo que reitera la importancia de aplicar redes peatonales y no redes viales. El “pedshed method” representa la accesibilidad hacia los destinos. Este índice presenta diferencias significativas al aplicar sobre la red peatonal y la red vial.

**4.2.11. Método por Vargo et al. (2012).**

Comparan índices compuestos con indicadores singulares, concluyendo que los índices compuestos explican mayormente la demanda de viajes que los indicadores por separado, según los modelos multivariados usados por el autor. El índice Walkability compuesto Krizek NA se realiza mediante combinación lineal a través de componentes principales, mientras que el índice compuesto SEQOL se realiza mediante promedio con igual peso por

cada factor. A pesar de sus diferencias la capacidad predictiva de ambos es similar, por lo que el autor explica que es mejor usar SEQOL debido a su facilidad de construcción.

#### **4.2.12. Método por Sayyadi & Awasthi (2012).**

Propusieron una metodología para seleccionar la mejor localización de zonas para realizar inversión en infraestructura peatonal partiendo de un conjunto de zonas potenciales, las cuales para identificarlas consideraron distintos criterios como seguridad de la zona, zonas con actividades comerciales, accesibilidad a transporte público, accesibilidad según aspectos del entorno o aspectos topológicos y para elegir la mejor entre las alternativas aplican el proceso de jerarquía analítica (AHP). Asimismo, Beiler, Michelle & Phillips (2015) por su parte también proponen una metodología para seleccionar la mejor localización para infraestructura peatonal a través de AHP con el uso de métricas basadas en las condiciones de infraestructura, movilidad, uso del suelo y seguridad, aunque se diferencia de otros porque usa el “Pedestrian corridor improvement index” que es la suma ponderada de los pesos de cada métrica escogidas por cada valor de ésta.

#### **4.2.13. Método por Frackelton (2013).**

También propone una metodología para priorizar zonas en que se podrían realizar inversión de infraestructura peatonal a través del “Pedestrian Potential Index”, aunque lo combina con “Pedestrian Deficiency Index”. Así, rankea dicho índice para escoger las potenciales zonas donde realizar las posibles inversiones. La medida “Pedestrian Potential Index” tiene en cuenta variables del comportamiento de la movilidad de las personas según usos del suelo, capacidad de realizar transportes multimodales urbanos, densidad de la población y porcentajes de hogares con personas en condición de discapacidad en cada zona. El “Pedestrian Deficiency Index” mide el grado de impedancia para realizar dichos viajes, por

ello incluyen datos sobre el ancho del andén y accidentalidad. La extracción de datos es mediante una aplicación de Android para evaluar la condición del andén de manera rápida y bajo costo, mientras que la modelación es promedio ponderado de los factores que afectan a cada índice.

#### **4.2.14. Método por Sayyadi y Awashti (2013).**

Los autores priorizan infraestructura peatonal mediante el uso de análisis AHP, considerando indicadores cualitativos. La mejor localización para infraestructura peatonal fue en el centro de la ciudad. Los resultados son relativamente insensibles a un cambio en los pesos de los atributos.

#### **4.2.15. Método por Kubat et al. (2013).**

Aplica modelos de regresión para analizar la relación entre medidas de conectividad y usos del suelo con la demanda peatonal. Se establece que cuando la ruta es más directa y hay variedad de usos del suelo, entonces mayor densidad peatonal se encuentra en dicha zona. Asimismo, Lerman et al. (2014) usa también modelos de regresión para analizar movimiento de peatones, aunque en su caso identifican puntos o segmentos conflictivos entre carros y peatones.

#### **4.2.16. Walk score.**

Consiste en incluir variables topológicas y de accesibilidad basados en distancia. En este caso, comúnmente se tiene en cuenta la distancia mínima entre puntos, la densidad de las intersecciones y la longitud de andenes, entre otros. (Vale, Saraiva, & Pereira, 2015). En su aplicabilidad, también se correlaciona con actividad física. Brewster et al. (2013) asocian el índice con enfermedades de diabetes, hipertensión y obesidad. Las zonas con menor “Walk score” presentan personas con mayor probabilidad de presentar las anteriores enfermedades.

A partir de la comparación de la densidad poblacional, usos del suelo y area construida con los resultados de los indicadores, se concluyó que las relaciones Gamma (Número de segmentos vs. Máximo numero de segmentos ) y Alpha (Número de circuitos vs. Número de posibles circuitos) no son ideoneas para medir "walkability". La densidad de nodos y la dimension de bloques son relaciones más apropiados. El tipo de via no describe la caminabilidad de un area. El indice obtenido por el *ped-shed method* explica mejor la caminabilidad dado que considera demoras en las intersecciones (Gori, Nigro, & Petrelli, 2014). Se encontró que el coeficiente de la condición del andén es negativo, mientras que el de conectividad es positivo, debido a que la gente camina, independientemente de la calidad de la acera, siempre que las aceras se encuentren conectadas adecuadamente (Woldeamanuel & Kent, 2015)

#### **4.2.17. Método por S. Park, Choi, & Lee, (2015).**

Usan índices a nivel micro para distintas aplicaciones, como por ejemplo estimar la probabilidad de escoger caminar en vez de elegir el carro como modo de transporte para llegar hacia una estación de tren en California. Usan el índice de caminabilidad como atributo dentro de un modelo de elección modal. Este índice es definido como la calidad del entorno de caminata percibido por los peatones, debido a que para su construcción, los autores realizan un modelo operacional deductivo que consta de encuestas de percepción y regresión lineal (Park et al., 2014).

#### **4.2.18. Método por Blečić et al. (2015).**

Desarrollan un sistema de soporte de decisión (DSS) para evaluar la facilidad de caminata. El DSS es llamado "Walkability explorer", y se trata de un software que modela la caminabilidad mediante dos métodos:

- La maximización de la utilidad considerando la distancia y la calidad de accesibilidad peatonal en cada destino. Esta calidad es medida mediante atributos como densidad de vivienda, grado de integración, tipo de vía, límite de velocidad entre otros.
- La segunda metodología es asignando ratings a cada punto en el espacio considerando también la distancia y calidad de accesibilidad peatonal.

#### **4.2.19. Método por Özbil et al. (2015).**

Los autores usan la regresión multivariada para modelar la caminabilidad. Establecen el uso de variables relacionadas con el diseño de vías, configuración de la red y uso del suelo para explicar que el lugar donde se genera más viajes, puede deberse a este tipo de parámetros. Es decir, que la variable dependiente es la demanda de viajes, mientras que las variables independientes son medidas relacionadas con el ambiente construido y relacionadas con teorías y técnicas de la sintaxis del espacio.

#### **4.2.20. Método por Vale, Saraiva, & Pereira, (2015).**

Realizaron una revisión literaria sobre índices de accesibilidad para ciclistas y peatones, los cuales consideran diferentes factores. En su caso distinguen diferentes tipos de medidas: accesibilidad basada en distancia, accesibilidad potencial gravitacional, accesibilidad topológica, “Walkability” y “Walk score”.

La medida de “Walkability” a diferencia de las demás, incluye características del origen, destino y entorno construido conjuntamente, aunque no incluye variables topológicas. La medida de “Walkability” fue diseñada por Frank et al. (2005), el cual incluye tres factores: densidad neta residencial, conectividad y uso del suelo mixto. Principalmente fue usada para correlacionar los niveles de actividad física con aspectos del entorno construido que

estimulan a la caminata. Asimismo, Frank et al. (2006) realizaron un estudio de correlación entre actividad física y problemas de contaminación con la medida “Walkability” y otras variables socioeconómicas. La diferencia es que usaron otro factor que es la razón de superficie construida de almacenes. De esta manera, se han tenido en cuenta distintos factores según el objetivo del estudio, por ejemplo, Vargo et al. (2012) diseña una medida de “Walkability” basada en datos recogidos por Google, por lo que introduce variables como longitud de andenes, número de paradas y número de intersecciones.

#### **4.2.21. Método por Tribby et al., (2016).**

Realiza primero una zonificación según los espacios basados en actividades, luego se establecen cuadrantes según la media, la desviación y el índice que demoran de cada factor en cada zona y se comparan espacialmente según el cuadrante al que pertenezca cada zona. Con esto se puede evaluar el "Walkability" estableciendo patrones en cada zona y así conocer las características de éstas.

Cabe destacar que además de aplicar asignación de puntos para construir un índice de “Walkability”, se puede considerar el proceso de red analítica (ANP), el cual es una forma más general de AHP, y la diferencia es que considera interdependencia entre los elementos o factores que afectan el índice (Ha, Joo, & Jun, 2011). En ambos casos se realiza encuestas a expertos. Por ejemplo, Wey y Chiu (2013) aplican también ANP para establecer el índice en cuestión, pero en este caso se usa la casa de la calidad (House of quality) para definir las relaciones entre los atributos y evaluar la importancia de cada uno de éstos. Por otro lado, los autores además de desarrollar índices mediante distintas metodologías como regresiones, asignación de puntos, simulación, análisis multi-criterio, multivariado, y espaciales. También algunos comparan distintas medidas con el fin de establecer cuáles son los factores



más importantes, conocer cuál es la mejor metodología o cual debería ser la configuración de la red.

El atributo de conectividad en "walkability index" tiene muchas maneras de medirse. Ellis et al. (2016) en su investigación pretenden conocer cual es la mejor medida de conectividad. Para ello realizan comparaciones con seis índices de conectividad en redes peatonales mediante análisis de correlación con el tiempo promedio de caminata. Se concluye que la densidad de la intersección y "metric reach" son las medidas que mayor correlación tienen con esta variable física, mientras que pedshed, "Link-node ratio", y "pedestrian route directness" no presentan un buen desempeño para medir conectividad en este estudio.

Por último cabe destacar que no necesariamente se debe construir un índice para medir la facilidad a caminar en una zona específica. Por ejemplo, autores desarrollaron distintas metodologías para comparar indicadores de "Walkability". Entre ellas se correlacionan la demanda de viajes a pie con la percepción de las personas sobre cada atributo que induce a que las personas caminen según Alfonso (2005) (Mehta, 2008). También se usa para priorizar inversión en infraestructura como Swords et al. (2004). Esto mediante la comparación de dos indicadores: Índice de demanda potencial de peatones (PPI) desarrollado por (Matley et al., 2000), y el índice de oferta de viajes, el cual considera un análisis de elementos considerados como barreras para caminar. A partir de estos dos indicadores, se establecen los tramos que se deberían priorizar, considerando la característica de poseer alta demanda potencial y bajo o medio nivel de servicio para peatones.

## **5. Diseño metodológico**

A partir de la revisión de la literatura, en esta investigación se propone utilizar una metodología para evaluar la infraestructura peatonal que considere la percepción de los usuarios, con el fin de satisfacer las necesidades de caminar de los peatones.

Moura, Cambra, & Gonçalves (2017) desarrollaron una metodología estructurada basada en el diseño de las 7C y con un claro criterio de selección que permite medir la capacidad de caminar para distintos grupos de peatones. Sin embargo, el índice incluye la perspectiva de expertos directamente, en lugar de la perspectiva local. Básicamente, la validación se construye comparando el desempeño del índice con encuestas domiciliarias. Una modificación a esta metodología, pero considerando la perspectiva local en lugar de la perspectiva de expertos únicamente fue desarrollada recientemente para la ciudad de Barranquilla (Saltarín, 2017).

La literatura expone que el índice de accesibilidad peatonal (Walkability index) se ha construido sin considerar la percepción de los usuarios directamente de los factores del entorno construido. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es aplicar una metodología de diseño del índice de accesibilidad (Walkability index) que permita establecer los atributos que promueven las actividades de caminata bajo las opiniones de los peatones. Para facilitar la recopilación de datos para estimar el índice se usará Google Street View and Google Maps. El diseño metodológico del estudio contiene los siguientes 4 pasos:

### **5.1. Paso 1: Recolección de datos existentes**

El primer paso consiste en recolectar información de resultados de encuestas existentes de percepción de los peatones sobre aspectos de las vías de Barranquilla. Los resultados de las encuestas permitirán obtener el peso o importancia de cada atributo dentro de la percepción de caminabilidad.

La recopilación de esta información es importante para que el índice sea diciente, dado que debe representar la percepción de los usuarios de la zona de estudio. Por ello la información de la encuesta a utilizar debe considerar que la muestra sea representativa, por lo que debe cumplir con la distribución dada por el censo de la ciudad y que la distribución de encuestados sea equitativa espacialmente. Por ello, la encuesta recopilada incluyó a todas las zonas de la ciudad en la base de datos y considerando que el 50% de los encuestados pertenezcan a personas de estratos bajos. La encuesta escogida fue tomada de la tesis de posgrado “Diseño de una metodología para evaluación de accesibilidad de transporte no motorizado” elaborada por una estudiante de maestría de la Universidad del Norte (Saltarín, 2017).

Los resultados de los pesos de los atributos a partir de la encuesta fueron obtenidos mediante explosión del ranking y la estimación de modelos de elección discreta, en este caso mediante modelos logit multinomial (MNL). La encuesta solicitaba clasificar en orden de importancia del 1 al 5, donde 1 es el menos importante y 5 el más importante, una serie de atributos que se le presentaba a cada encuestado. La encuesta contenía 6 secciones donde se abordaban atributos relacionados con las siguientes características:

#### ***5.1.1. Movilidad en el andén.***

Está compuesto por 5 atributos que son:

- Ancho de andén.
- Andén en buen estado, sin huecos o grietas (Condición del andén).
- Andén sin rampas para vehículos y/o bordillos en la mitad del camino (Discontinuidades en el andén).
- Andén sin carros parqueados (Obstáculos en el andén).

- Un andén libre de obstáculos como postes, casetas comerciales y ventas (Obstáculos en el andén).

En la tabla 1 se pueden observar los resultados extraídos de la encuesta escogida sobre la percepción de los peatones ante los aspectos de las vías de Barranquilla.

Tabla 1  
*Resultados de la encuesta del componente de movilidad peatonal.*

Atributo	Estimación ( $U_i$ )	Test t	<b>Wip</b>
Ancho del Andén	-0.181	-1.91	0.1934
Condición del Andén	0.579	6.18	0.4137
Discontinuidades en el andén	-0.526	-5.56	0.1457
Obstáculos en el anden	0.066	0.71	0.2472

*Nota. Recuperado de Diseño de una metodología para evaluación de accesibilidad de transporte no motorizado por Salzarín, M. A. 2017*

Se puede observar que el atributo con mayor peso es la condición del andén. Después le sigue los obstáculos en el andén. De último, el ancho del andén y las discontinuidades en el andén. Como análisis se puede decir que dentro de la percepción de los usuarios, lo más importante en la movilidad peatonal es que el andén este en buenas condiciones y no existan obstáculos, por lo que para mejorar la movilidad peatonal es preferible arreglar las condiciones del andén y quitar todas las obstrucciones, en lugar de ampliar o quitar las discontinuidades del andén.

### **5.1.2. Seguridad ante accidente.**

Está compuesto por 5 atributos que contribuyen a que el peatón se sienta seguro cuando transita por una vía, los cuales son:

- Carros que transitan sobre la vía con bajas velocidades (velocidad vehicular).
- Pocos carros transitando sobre la vía (volumen vehicular).
- Semáforos y señales viales (Semáforos en la vía).
- Cebras o puentes peatonales existentes.
- La vía sea angosta (Ancho de la vía).

En la tabla 2 se pueden observar los resultados extraídos de la encuesta escogida sobre la percepción de los patrones ante los aspectos de las vías de Barranquilla.

Tabla 2  
*Resultados de la encuesta del componente de seguridad vial.*

Atributo	Estimación ( <i>Ui</i> )	Test-t	<i>Wip</i>
Velocidad Vehicular	-0.361	-3.64	0.160
Volumen Vehicular	-0.960	-9.48	0.088
Semáforos en la vía	0.769	7.92	0.497
Cebras o puentes peatonales	0		0.230
Ancho de la vía	-2.27	-17.47	0.024

*Nota. Recuperado de Diseño de una metodología para evaluación de accesibilidad de transporte no motorizado por Saltaín, M. A. 2017*

Se puede observar que el atributo con mayor peso son los semáforos en la vía. Después le siguen cebras o puentes peatonales. Por último, están el volumen vehicular y el ancho de la vía. De los resultados, se puede decir que los usuarios perciben que lo más importante al momento de transitar por una vía son los dispositivos de control de tráfico. Es preferible incrementar la cantidad de dispositivos de control de tráfico para disminuir accidentes viales peatón-conductor en vez de imponer medidas para disminuir la velocidad vehicular en las vías o incluso disminuir el volumen vehicular.

### 5.1.3. Seguridad ante robos.

Está compuesto por 5 atributos que contribuye para que el peatón se sienta seguro ante algún posible peligro como son los hurtos y homicidios sobre un andén, los cuales son:

- Cámaras de seguridad en la zona.
- Policías a la vista.
- Ausencia de grafitis en los edificios (Grafitis en edificios).
- Otros peatones circulando sobre el andén (Volumen peatonal).
- Se sabe que no se han presentado robos en la vía (conocimientos de robos en la vía).

En la tabla 3 se pueden observar los resultados extraídos de la encuesta escogida sobre la percepción de los patones ante los aspectos de las vías de Barranquilla.

Tabla 3

*Resultados de la encuesta del componente de seguridad ante robos.*

Atributo	Estimación ( <i>Ui</i> )	Test-t	<i>Wip</i>
Cámaras de seguridad	-0.448	-4.5	0.3157
Presencia de policías	0		0.497
Grafitis en edificios	-3.14	-23.12	0.021
Volumen peatonal	-1.46	-13.57	0.115
Conocimiento de robos en la vía	-2.33	-19.26	0.048

*Nota. Recuperado de Diseño de una metodología para evaluación de accesibilidad de transporte no motorizado por Saltaín, M. A. 2017*

Se puede observar que el atributo con mayor peso es la presencia de policías. Después le sigue cámaras de seguridad. Por último, están conocimientos de robos en la vía y grafitis en edificios. Como análisis se puede decir que para la percepción de los usuarios al momento de sentirse seguros a circular en una vía es preferible saber que hay cámaras de seguridad o

policías que saber si ha habido robos y que es de poca importancia que haya grafitis a su alrededor.

#### 5.1.4. *Comodidad en el andén.*

Está compuesto por 5 atributos que contribuyen para que el peatón se sienta cómodo caminando sobre un andén, los cuales son:

- Sí el andén está limpio (Limpieza del andén).
- Árboles cercanos en el andén para caminar con sombra (Árboles en el andén).
- La vía es ancha y los edificios son de baja altura lo que les permiten tener una visión más amplia del lugar. (Ancho de la vía).
- Sí los edificios y/o casas son agradables a la vista (Visibilidad agradable).

En la tabla 4 se pueden observar los resultados extraídos de la encuesta escogida sobre la percepción de los patrones ante los aspectos de las vías de Barranquilla.

Tabla 4  
*Resultados de la encuesta del componente de comodidad.*

Atributo	Estimación ( <i>Ui</i> )	Test-t	<i>Wip</i>
Limpieza en el anden	0.791	8.12	0.538
Árboles en el anden	-0.0601	-0.65	0.230
Ancho de la vía	-0.441	-4.56	0.157
Visibilidad agradable	-1.17	-11.26	0.075

*Nota. Recuperado de Diseño de una metodología para evaluación de accesibilidad de transporte no motorizado por Saltarín, M. A. 2017*

Se puede observar que el atributo con mayor peso es la presencia de limpieza en el andén. Después le sigue árboles en el andén. Por último están el ancho de la vía y contar

con una visibilidad agradable. Como análisis se puede decir que para mejorar la comodidad para un peatón es preferible mantener los andenes limpios y con árboles que tener sitios agradables a la vista o una vista amplia por una ancha vía. Se puede suponer que para los peatones es fundamental que las vías estén limpias ya que su peso se ve distinguiblemente más alto que los demás atributos y que lo segundo más importante son los árboles. Siendo Barranquilla la ciudad en donde se hizo la encuesta, la sombra de los arboles es algo importante para sentirse cómodos para caminar bajo el sol.

#### ***5.1.5. Atractividad.***

Son sitios de interés en una zona, tales como: zonas comerciales, bancos, casas cercanas, parques o si es fácil el acceso al transporte público. Está compuesto por 5 atributos que corresponden a los lugares a los que el peatón se desplaza con mayor frecuencia caminando, los cuales son:

- Sitios de comercio (Zona de comercio).
- Sitios institucionales como oficinas públicas o bancos (Zona institucional).
- Casas cercanas (Zona residencial).
- Sí es fácil el acceso al transporte público (Accesibilidad al transporte público).
- Espacios públicos como parques, monumentos y/o plazas (Zona de parques).

En la tabla 5 se pueden observar los resultados extraídos de la encuesta escogida sobre la percepción de los patones ante los aspectos de las vías de Barranquilla.



Tabla 5

*Resultados de la encuesta del componente de atractividad.*

Atributo	Estimación ( <i>Ui</i> )	Test-t	<i>Wip</i>
Zona de comercio	0		0.254
Zona institucional	-0.612	-6.57	0.138
Zona residencial	-0.721	-7.44	0.124
Accesibilidad al transporte público	0.0626	0.66	0.270
Zona de parques	-0.173	-1.81	0.213

*Nota. Recuperado de Diseño de una metodología para evaluación de accesibilidad de transporte no motorizado por Saltarín, M. A. 2017*

Se puede observar que el atributo con mayor peso es accesibilidad al transporte público que le sigue las zonas de comercio y de últimos están las zonas institucionales y las zonas residenciales. Como análisis se puede decir que según la percepción de los peatones lo más atractivo que debe tener los andenes es accesibilidad al transporte público y zonas de comercio y lo de menos interés son las zonas institucionales y residenciales. Por ello como comentario se puede decir que los sitios estratégicos para poner comercios o proyectos son sitios donde halla bastante accesibilidad de transporte público.

#### **5.1.6. Componentes que afectan la accesibilidad.**

Son las preferencias para elegir donde caminar en un lugar, estos elementos contribuyen para que el peatón decida escoger caminar por un andén, los cuales son:

- Movilidad en el andén.
- Seguridad ante robos.
- Seguridad ante accidentes (Seguridad vial).
- Comodidad al caminar en el andén.

- Atractividad.

En la tabla 6 se pueden observar los resultados extraídos de la encuesta escogida sobre la percepción de los patrones ante los aspectos de las vías de Barranquilla.

Tabla 6

*Resultados de la encuesta de los componentes que afectan la accesibilidad peatonal.*

Componente	Estimación ( <i>Ui</i> )	Test-t	<i>Wip</i>
Movilidad	0		0.135
Seguridad ante robos	1.11	11.16	0.409
Seguridad vial	0.604	6.33	0.247
Comodidad	0.035	0.37	0.137
Atractividad	-0.672	-6.59	0.069

*Nota. Recuperado de Diseño de una metodología para evaluación de accesibilidad de transporte no motorizado por Saltaín, M. A. 2017*

Se puede observar que el componente con mayor peso es seguridad ante robos que después le sigue seguridad vial y de últimos están movilidad y atractividad. Como análisis se puede decir según la percepción de los peatones que lo que más les importa al momento de caminar es su propia seguridad ya sea por robos o por accidentalidad, aunque con mayor medida por robos. Por lo tanto, se puede decir que los peatones primero piensan en su seguridad ya sea por robos o por accidentes y después consideran los demás componentes.

## 5.2. Paso 2: Toma de datos del estado físico de las vías

Mediante la información de la encuesta de percepción de los peatones, anteriormente descrita, se tomará los mismos componentes y atributos para la toma de datos del estado en físico de las vías. En el estudio, estos componentes se clasifican utilizando el esquema

propuesto por Alfonzo (2005) y su modelación es el promedio ponderado de los valores de cada atributo, donde el peso de cada atributo es establecido con respecto a la percepción de los usuarios. Los componentes que se estimaran en este proyecto de investigación más las variables que los conforman son las siguientes:

### **5.2.1. Movilidad peatonal.**

Se describe como la facilidad con la que un peatón transita por un andén. Éste debe ser continuo y paralelo a las vías. Además, cualquier elemento es un obstáculo si se presenta en la zona de circulación peatonal. Los estándares de los andenes son las medidas que deben cumplir cada elemento del andén.<sup>2</sup>

Los andenes se componen por una franja peatonal y una franja de amoblamiento. La franja peatonal es la zona donde circulan los peatones, la cual debe medir 1.5 metros de ancho. Mientras, la franja de amoblamiento que es la zona que separa la franja peatonal de la calzada debe cumplir con un ancho de 1.2 metros, en el caso que sea arborizada y con 0.7 metros, sin arborización, sin embargo, en el caso más crítico se puede aceptar que el ancho del andén sea de 1,5 metros.

Las rampas de accesos a vehículos a las edificaciones que atraviesan el andén deben medir 2.5 metros de ancho, y no se pueden colocar en la zona de franja de circulación peatonal, sino en la zona de amoblamiento.

En el manual del espacio Público (2014) se establecen distintos tipos de sección o perfil vial típico de una vía, divididos por perfiles viales planificados y no planificados. Los

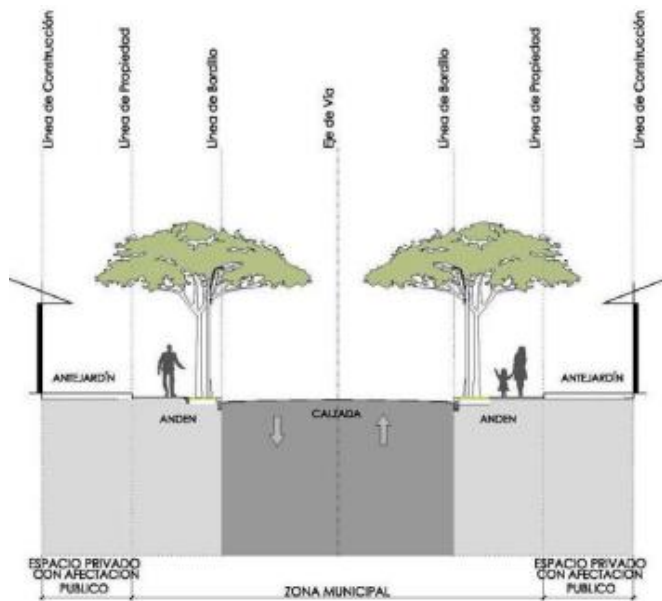
---

<sup>2</sup> En esta investigación, se establecen según el Plan de Ordenamiento Territorial de la zona de estudio.

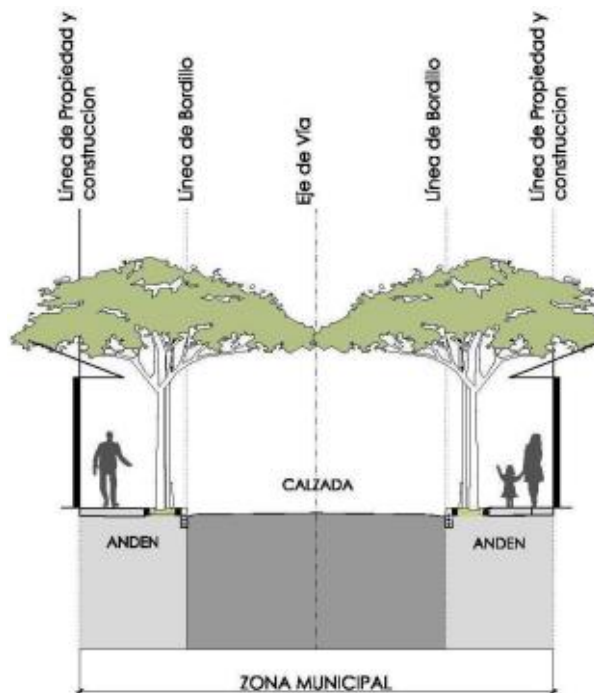
perfiles viales planificados están compuestos por una zona municipal conformada por calzada vehicular, dos franjas de andén, y espacio privado con afectación pública.

La franja de andén se encuentra confinada entre la línea de bordillo y la línea de propiedad, mientras que la calzada vehicular se encuentra entre dos líneas de bordillo, también entre la línea de propiedad y línea de construcción se encuentra el antejardín el cual debe cumplir una función pública de orden ambiental como se ilustra en la ilustración 1.

Los perfiles viales no planificados también se encuentran compuestos por una zona municipal, pero en este caso no existen antejardines dado que la línea de construcción es la misma línea de propiedad (ilustración 2). Estos perfiles tienen distintas dimensiones según el tipo de vía o según las posibilidades que permiten la disposición de los elementos constitutivos de un andén.



*Ilustración 1.* Sección o perfil vial de un sector planificado. (planeación, 2012)



*Ilustración II.* Sección o perfil vial de un sector no planificado. (*planeación, 2012*)

Los atributos que se utilizaron para caracterizar este componente fueron:

#### **5.2.1.1. Ancho del andén (*AnchoAnden*).**

Esta información fue tomada de Google Earth. Se midió el ancho del andén en metros. Sí en el tramo, el andén tiene distintos anchos se toma la medida más crítica (ver ilustración 3). Cabe destacar que se le llama “tramo” al segmento de vía entre dos intersecciones. Algunos condicionamientos utilizados son:

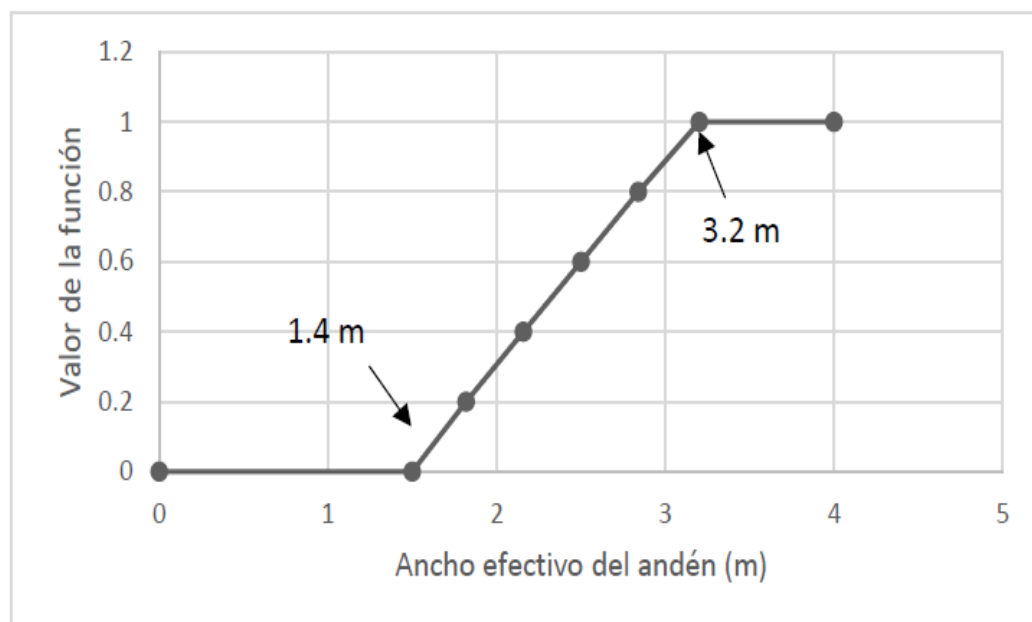
- Cuando no haya línea de propiedad el ancho de andén es desde la zona de circulación peatonal hasta el bordillo.
- Sí existe invasión del espacio público por inmuebles (por lo general son antejardines), solo se sigue tomando el ancho más crítico sí esta invasión no toma todo el 100% del ancho del andén.

- Cuando hay separador vial entre dos vías diferentes, el ancho del andén será el ancho del separador, por lo que las dos vías tendrán en común un ancho de andén.



*Ilustración III.* Ejemplo de ancho de andén. (Google-earth, Información extraída en el 2017)

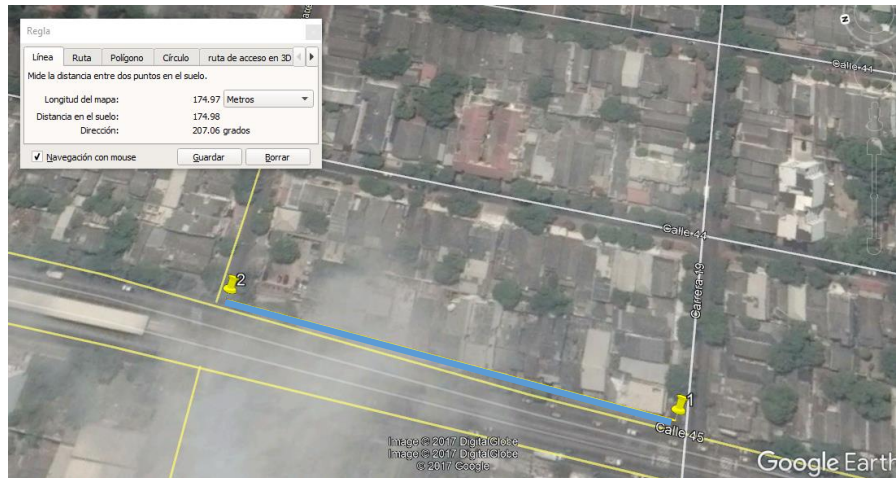
Su índice matemático es una función de línea recta entre 0 y 1 del ancho efectivo del andén, en línea con lo presentado por Moura (2017) y como se describe en la gráfica 1. Se considera como base el POT donde el andén debe medir entre 1,4 y 3,2 metros.



*Gráfica I.* Función del ancho efectivo del andén.

#### 5.2.1.2. Longitud del andén en tramo (LongAnden).

Esta información fue tomada de Google Earth, la forma en que se tomo fue en metros y corresponde al largo del tramo del andén como se puede ver en la ilustración 4.



*Ilustración IV. Ejemplo de longitud del andén. (Google-earth, Información extraída en el 2017)*

#### 5.2.1.3. Condición del Andén del tramo (EstadoAndn).

Esta información fue tomada de Google Earth. Se asignó 0 si es malo, 1 si es bueno. Se considera bueno cuando el tramo del andén no tiene grietas o huecos, y malo cuando tiene grietas o huecos.

#### 5.2.1.4. Longitud de obstáculos en el andén del tramo (LongObstPa).

Los obstáculos son elementos que impiden el paso del peatón por el andén. Esta información fue tomada de Google Earth. La forma en que se tomo fue en metros y si hay varios en un mismo tramo se suman las longitudes. Se considera lo siguiente:

- Zonas de parqueo en el andén.
- Invasión del espacio público.
- Árboles en el ancho de circulación peatonal.
- Huecos significantes en el andén.

- Casetas comerciales.
- Postes de luz en el ancho de circulación peatonal.
- Cuando no hay andén.

En la ilustración 5 se pueden observar algunos ejemplos de un obstáculo.



*Ilustración V. Ejemplo de longitud de obstáculos. (Google-earth, Información extraída en el 2017)*

Para su índice matemático se representará como el porcentaje del andén sin obstrucciones respecto a su longitud total.

$$1 - \frac{\text{Longitud Obstaculo}}{\text{Longitud total Andén}}$$

#### **5.2.1.5. Longitud de discontinuidades en el andén del tramo (LongObstPa).**

Las discontinuidades son segmentos de la zona de circulación que ocasionan que el andén cambie su continuidad como un cambio de nivel considerable (Decreto No 0212 de 2014).

Esta información fue tomada de Google Earth. La forma en que se tomo fue en metros y si hay varios en un mismo tramo se suman las longitudes. Algunas consideraciones:

- Escaleras en el ancho de circulación peatonal.
- Accesos vehiculares a edificios en el ancho de circulación peatonal.
- Zonas de vegetación considerable sobre el ancho de circulación peatonal.



En la ilustración 6 se pueden observar un ejemplo de discontinuidad.



*Ilustración VI.* Ejemplo de longitud de discontinuidad. (Google-earth, Información extraída en el 2017)

Para su índice matemático se representará como el porcentaje del andén sin discontinuidades de su longitud total.

$$1 - \frac{\text{Longitud Discontinuidad}}{\text{Longitud total Andén}}$$

### 5.2.2. Seguridad vial.

La descripción matemática de la seguridad vial se basa en el Plan de Ordenamiento territorial (Decreto No 0212 de 2014), Manual del Espacio Público (2014) y manual de accesibilidad de las personas al medio físico (2000). En estos manuales se establecen los estándares para las cebras, puentes peatonales, y semáforos viales.

Las cebras peatonales priorizan el tránsito peatonal en la calzada, es decir permiten que los vehículos bajen su velocidad para que los peatones puedan cruzar la vía. Si se encuentra un desnivel entre las cebras y calzadas, deben construirse vados para evitar algún accidente.

Los puentes peatonales son elementos del espacio público instalados entre andenes, contruidos con el objetivo de evitar que los peatones usen la calzada. Se deben construir con bordillos y pasamanos continuos de altura entre 75 cm y 90 cm, tomando el piso del puente peatonal como punto de referencia.

Las señales viales como semáforos deben estar instaladas en la zona de amoblamiento, y se deben instalar en zonas con alto flujo de vehículos. En caso que se encuentre en la zona de circulación peatonal son considerados obstáculos.

Las variables más usadas en la literatura para describir la seguridad vial peatonal es la velocidad vehicular, el volumen vehicular, el ancho de la vía y de manera poco significativa en comparación dispositivos de control de tráfico o reductores de velocidad como semáforos, puentes o cebras peatonales. Sin embargo, las medidas se adaptarán a las que se puedan medir mediante la aplicación Google Street, las cuales son las siguientes:

#### ***5.2.2.1. Velocidad vehicular (Velocidad).***

Esta información se tomó de una base de datos secundaria extraída del Plan Maestro de Movilidad (PMM) de Barranquilla realizado en el 2012. Se representa según el tipo de vía que se categoriza entre el 1 al 4 y para su índice matemático se establece un intervalo constante según los valores registrados. La categoría 4 es lo mejor y la categoría 1 lo peor.

#### ***5.2.2.2. Volumen vehicular (VolVeh).***

Esta información se tomó de la base de datos secundaria extraída del PMM de Barranquilla realizado en el 2012. Se representa según el tipo de vía que se categoriza entre el 1 al 4. Para el índice matemático se establece un intervalo constante según los valores registrados, en donde la categoría 4 es lo mejor y la categoría 1 lo peor.

#### ***5.2.2.3. Presencia de semáforos en el tramo (Semáforos).***

Esta información fue tomada de Google Earth. Se asignó 0 si no tiene cobertura mediante semáforos, 1 si tiene cobertura. La intersección presenta o no cobertura cuando en la intersección de la vía analizada se presenta al menos un semáforo.

#### 5.2.2.4. Cebras o puentes peatonales (*CebrasPuent*)

Esta información fue tomada de Google Earth, la forma en que se tomo fue 0 sí no tiene cebras o puentes peatonales sobre la vía vehicular y 1 sí tiene cebras o puentes peatonales.

#### 5.2.2.5. Ancho de la vía vehicular (*AnchoVia*)

El ancho de la vía vehicular, es la distancia entre dos tramos de la misma vía como se puede ver en la ilustración 7 (Esta información fue tomada de Google Earth). Se considera que el ancho de la vía es cero cuando no existe una vía vehicular elaborada.



*Ilustración VII.* Ejemplo de ancho de la vía vehicular. (Google-earth, Información extraída en el 2017)

Para su índice matemático se tiene en cuenta el tiempo y la velocidad promedio para cruzar la vía en segundos. El intervalo se establece según Beiler y Phillips (2015):

$$tiempo = \frac{\text{Ancho de la vía}}{\text{Velocidad promedio}}$$

*Tabla 7.* Relación del índice matemático del ancho de la vía según el tiempo de cruce.

Tiempo (seg)	Índice matemático
<5	1
6-15	0.8
16-25	0.6
26-35	0.4
36-45	0.2
>45	0

*Nota.* Intervalo establecido según Beiler y Phillips (2015)

### **5.2.3. Seguridad ante robos.**

Los atributos que describen este componente son elementos que mejoran la percepción de inseguridad ante algún posible robo u homicidios en la ciudad. La ciudad objeto de estudio es insegura debido a los casos de robos y homicidios que se han presentado con frecuencia.

(Esto es corroborado en la encuesta de percepción de las vías para los peatones)

Para determinar los atributos que describen este componente en la ciudad, se considera la encuesta realizada en la zona de estudio por el Fondo de Seguridad y Convivencia ciudadana (Jorge Avila Pareja, 2014) . Dicha encuesta es encaminada a establecer cuáles serían las mejores soluciones según los ciudadanos para disminuir la criminalidad en la ciudad. El resultado generado fue que el 55% de los encuestados prefieren las cámaras de seguridad y el 45% de ellos aseguran que la presencia de agentes de policías es una acción que ayuda a disminuir violencia y criminalidad en la ciudad. Los demás atributos como presencia de otros usuarios en las vías, conocimiento de zonas peligrosas y presencia de grafitis en los edificios son seleccionados según la revisión literaria expuesta.

Por ello, en este contexto se puede decir que al haber una autoridad pública o mecanismos de mitigación del riesgo ante crímenes como son las cámaras de seguridad, el riesgo ante robos disminuiría según la percepción de los ciudadanos. Los atributos que caracterizan a este componente son:

#### **5.2.3.1. Cámaras de seguridad (CamSeg).**

Es la presencia de cámaras de seguridad en el andén. Esta información fue tomada de Google Earth, la forma en que se tomo fue en 0 si no tiene cobertura de cámaras de seguridad, 1 si tiene cobertura.

#### **5.2.3.2. *Policías (Poli).***

Es la presencia de CAIs en el andén. Esta información fue tomada de Google Earth, la forma en que se tomo fue en 0 cuando no hay CAI y 1 si tiene presencia.

#### **5.2.3.3. *Grafitis en los edificios (Graf).***

Es la presencia de grafitis en los edificios. Esta información fue tomada de Google Earth. Se asignó 0 cuando no hay grafitis y 1 si tiene presencia.

#### **5.2.3.4. *Conocimientos de robos en la vía (robos).***

Es el índice de peligrosidad debido a hurtos y homicidios. Esta información se tomó de la base de datos secundaria proveniente de la policía. Se asignó 0 cuando no hay presencia de hurtos y homicidios, 1 cuando hay presencia.

#### **5.2.3.5. *Volumen peatonal (Peatones).***

Se describe como el flujo peatonal en el andén, es decir, peatones/hora (p/h). Esta información se tomó de la base de datos secundaria extraída del PMM de Barranquilla realizado en el 2012. Para su inclusión dentro del índice se establece un intervalo constante según los valores registrados en la ciudad (cuando el volumen peatonal es alto mejor será el índice).

#### **5.2.4. *Comodidad peatonal.***

Es el nivel de agrado dado por las condiciones del ambiente construido al momento de caminar. Los valores más significativos que se tienen en cuenta para este componente son:

**5.2.4.1. Árboles en el andén/Sombra (AreaArbol).**

Es presencia de árboles, esta información fue tomada de Google Earth, la forma en que se tomo fue 0 cuando no hay presencia de árboles y 1 si tiene presencia. Cabe destacar que no se considera que haya árbol sí se encuentra en propiedad privada.

**5.2.4.2. Limpieza en el andén en tramo (LimpiezaAn)**

Esta información fue tomada de Google Earth, la forma en que se tomo fue 0 sino está limpio el tramo de andén y 1 sí está limpio. No estar limpio se refiere cuando en el tramo del andén hay escombros, basura o manchas irrevocables.

**5.2.4.3. Visibilidad agradable (EdifNoAg).**

Se refiere a edificios no agradables a la vista, como aquellos que se encuentran en ruinas, descuidados o no pintados. Esta información fue tomada de Google Earth, la forma en que se tomo fue 0 cuando hay ausencia de edificios desagradables y 1 cuando hay presencia.

**5.2.4.4. Ancho de la vía (AnchoVia).**

El ancho de la vía vehicular, es la distancia entre dos tramos de la misma vía como se puede ver en la ilustración 7. Esta información fue tomada de Google Earth. Cabe destacar que se considera que el ancho de la vía es cero cuando no existe una vía vehicular elaborada. Se representa según el tipo de vía que se categoriza entre el 1 al 4 y para su índice matemático se establece un intervalo constante según los valores registrados, en donde la categoría 1 es lo mejor y la categoría 4 lo peor.

### **5.2.5. Atractividad.**

Este componente establece el grado de interacción de las personas entre sí, debido a la presencia de establecimientos públicos o privados en la ciudad. Los atributos que caracterizan a este componente son:

#### **5.2.5.1. Comercio (Comercio).**

Es la presencia de comercio en el andén, Esta información fue tomada de Google Earth y la forma en que se tomo fue 0 cuando hay ausencia de comercios y 1 cuando hay presencia.

#### **5.2.5.2. Instituciones o industrias (Inst).**

Es la presencia de instituciones en el andén como bancos, iglesias, notarias, colegios o industrias, Esta información fue tomada de Google Earth y la forma en que se tomo fue 0 cuando hay ausencia de instituciones y 1 cuando hay presencia.

#### **5.2.5.3. Parques (Parques).**

Es la presencia en el andén de parques. Esta información fue tomada de Google Earth y la forma en que se tomo fue 0 cuando hay ausencia de parques y 1 cuando hay presencia.

#### **5.2.5.4. Residencia (Residencias).**

Es la presencia en el andén de casas, Esta información fue tomada de Google Earth y la forma en que se tomo fue 0 cuando hay ausencia de residencias y 1 cuando hay presencia.

#### **5.2.5.5. Accesibilidad al transporte público (frecuencia).**

Es la frecuencia de las rutas de transporte público en la vía. Esta información se tomó de la base de datos secundaria y herramientas SIG. Para su índice se establece un intervalo constante según los valores registrados en la ciudad (con que más frecuencia de transporte público mejor será su índice).

La evaluación de los factores estudiados se ajusta a la información obtenida por la aplicación Google Street View y de bases de datos secundarias. Finalmente, se suministra a la base de datos del programa ArcGIS.

### 5.3. Paso 3: Función representativa al índice Walkability

El tercer paso consiste en evaluar cuantitativa o cualitativamente aquellos factores que se les asignará un peso para transformarlos en coeficientes. El índice de accesibilidad peatonal (Walkability index), se estructura como una función aditiva ponderada, combinando las puntuaciones de los factores y los coeficientes. Se opta por esta formulación porque consideramos una gran cantidad de factores, el cual es uno de los desafíos de la construcción de este tipo de índices (Asadi-Shekari, Moeinaddini, & Shah, 2013). Además, se contempla directamente la percepción del usuario.

La formulación del índice de accesibilidad se compone por los coeficientes  $Wip$ , recolectados en el paso 1 y las puntuaciones obtenidas de Google Earth de los atributos, como se explicó en el paso 2.

La ecuación representativa del índice de caminabilidad utilizado es:

$$WK_{seg}^i = Wip_1 * C_1 + Wip_2 * C_2 + Wip_3 * C_3 + Wip_4 * C_4 + Wip_5 * C_5 \quad (1)$$

En donde:

- $WK_{seg}^i$  es el índice de Walkability de un segmento vial (tramo).
- $Wip$  es el peso o coeficiente de importancia que se tomó de la encuesta escogida sobre percepción de los peatones ante los aspectos de las vías de Barranquilla, en el Paso 1.
- $C$  es el coeficiente de los datos obtenidos del estado físico de las vías principales de Barranquilla, recopilada de la aplicación Google Earth, explicado en el Paso 2.



Cabe destacar que:

- El índice de accesibilidad peatonal (Walkability index), se encuentra en un rango de 0 a 1, donde 0 es lo peor y 1 lo mejor.
- Los sub-índices del 1 al 5 que poseen los coeficientes P y C, son los correspondientes a los 5 componentes que se encuentran en el Paso 1 y 2 anteriormente explicados.

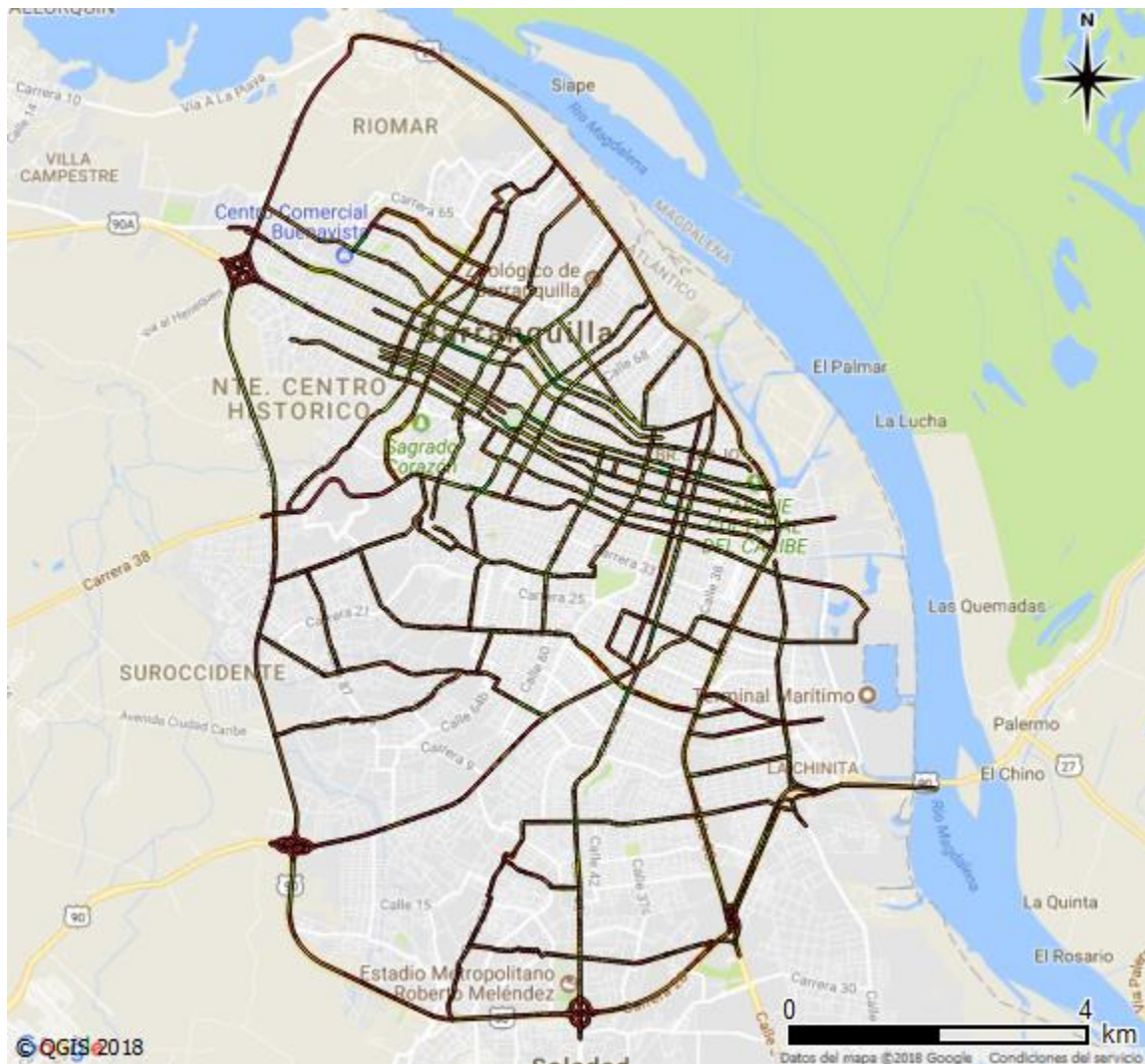
#### **5.4. Paso 4: Mapa georreferenciado**

El cuarto y último paso consiste en la construcción de un mapa con la base de datos tomada junto con su índice de accesibilidad peatonal (Walkability index) usando la plataforma SIG. Este mapa representa los andenes de las vías estudiadas. Tal y Handy (2012) estudiaron la opción de modelado de aceras como enlaces.

Finalmente, los indicadores y factores de puntuación se recopilaron en cada andén, lo que permite un mejor análisis del índice de accesibilidad (Walkability index) en SIG, mediante el programa ArcGIS o Qgis.

## 6. Análisis de resultados y políticas propuestas

El análisis comprende la evaluación de las vías principales de Barranquilla establecidas por el POT, sin tener en cuenta municipios aledaños ni las vías que las comunican a Barranquilla, como se puede ver en la Ilustración 8.



*Ilustración VIII. Mapa de las vías principales de Barranquilla. (Mapa elaborado en Qgis)*

Este mapa suministra toda la información recolectada para cada uno de los tramos de vía. Por lo tanto, cada vía poseerá su propio índice de accesibilidad a nivel micro (Walkability index). El índice se definió en una escala entre 0 y 1, donde 0 representa las peores condiciones de

accesibilidad peatonal (tramo de vía intransitable por peatones) y 1 las mejores condiciones de accesibilidad desde el punto de vista de la caminabilidad del peatón.

En total se evaluaron 2017 tramos de vías. Los resultados de la evaluación respecto a la cantidad de tramos fueron los siguientes:

*Tabla 8. Índice de accesibilidad según cantidad de vías evaluadas.*

Índice de accesibilidad	Cantidad de tramos de vía
0.00 - 0.20	461
0.20 - 0.40	1085
0.40 - 0.60	441
0.60 - 0.80	30
0.80 - 1.00	0

Se puede analizar de esta tabla que ninguna de las vías principales evaluadas de Barraquilla cumple con el 100% de los requisitos de dicho índice para ser un tramo de vía con excelente calidad de comodidad, seguridad y movilidad para caminar. Además, se puede decir que la mayoría de los tramos de vía evaluados están en muy malas condiciones ya que más del 75% de ellas tiene un índice igual o menor de 0.4, que no es ni la mitad del índice de accesibilidad. Además, tan solo el 7.68% de ellas tienen un índice de accesibilidad igual o mayor a 0.5. Sin embargo, los tramos de vías están siendo analizados individualmente y teniendo en cuenta que cada tramo de vía tiene una longitud diferente, el análisis anterior tiende a generalizar el estado de las vías. Por tal motivo para asemejarse más a la realidad se realiza un análisis del índice de accesibilidad por medio de índices ponderados con respecto a la longitud de los tramos de vía y

su categoría (arterias, semiarteriales, colectoras y locales). Los datos obtenidos son los siguientes:

*Tabla 9. Índice de accesibilidad ponderado.*

Categorías	Cant. Tramos de vía	Índice Ponderado
Vías Arterias	831	0.2976
Vías Semiarterias	486	0.3713
Vías Colectoras	632	0.2884
Vías Locales	68	0.3202
Todas las categorías	2017	0.3143

Los resultados que se pueden observar de esta tabla son datos que reflejan el estado real de caminabilidad de las vías principales de Barranquilla. A partir de los resultados anteriores, y en particular dado que el índice ponderado para todas las vías es cercano a 0.3, puede concluirse que las vías de la ciudad en su promedio no son caminables. Como se mencionó anteriormente, ninguna de las vías cumple con el 100% de los requisitos de dicho índice para ser un tramo de vía con excelente calidad, y por tanto los resultados ponderados resultaron ser menores a 0.5 para todos los tipos de vía. Al analizar las vías por cada categoría, se encuentra que el mayor índice es de 0.3713 que corresponde a las vías semiarteriales. A pesar que se puede decir que este tipo de vía se considera la de mejor estado entre las vías evaluadas, este índice sigue estando muy por debajo de lo que se puede considerar una vía en buenas o incluso regulares condiciones. Analógicamente, es como decir que estas vías en promedio presentan unas condiciones de transitabilidad peatonal que solo alcanza a llenar el 40% de las expectativas de las personas que caminan por allí. En general, las vías principales de Barranquilla se encuentran en muy malas

condiciones desde el punto de vista de la caminabilidad del peatón. En las ilustraciones a continuación se pueden observar los mapas de las vías según las categorías analizadas.

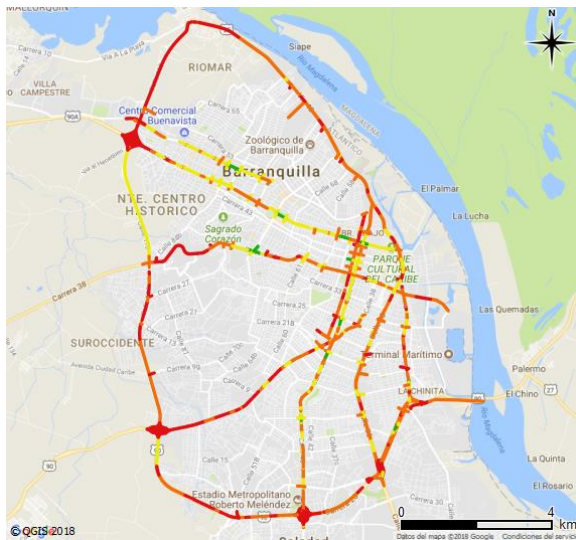


Ilustración IX. Vías arteriales. (Elaborado en Qgis)

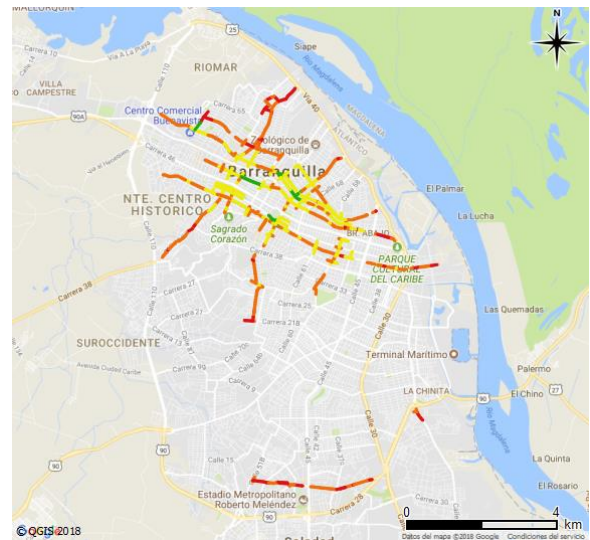


Ilustración XI. Vías Semiarterias. (Elaborado en Qgis)



Ilustración X. Vías colectoras. (Elaborado en Qgis)



Ilustración XII. Vías locales. (Elaborado en Qgis)

Espacialmente, se identifica que la mayor presencia de tramos de vías con mayor valor de índice de accesibilidad peatonal se encuentra alrededor de la carrera 46 y la calle 79 (ver



ilustración 8). En las ilustraciones se clasifican los índices de accesibilidad peatonal según un código de colores, donde el rojo representa el peor estado.

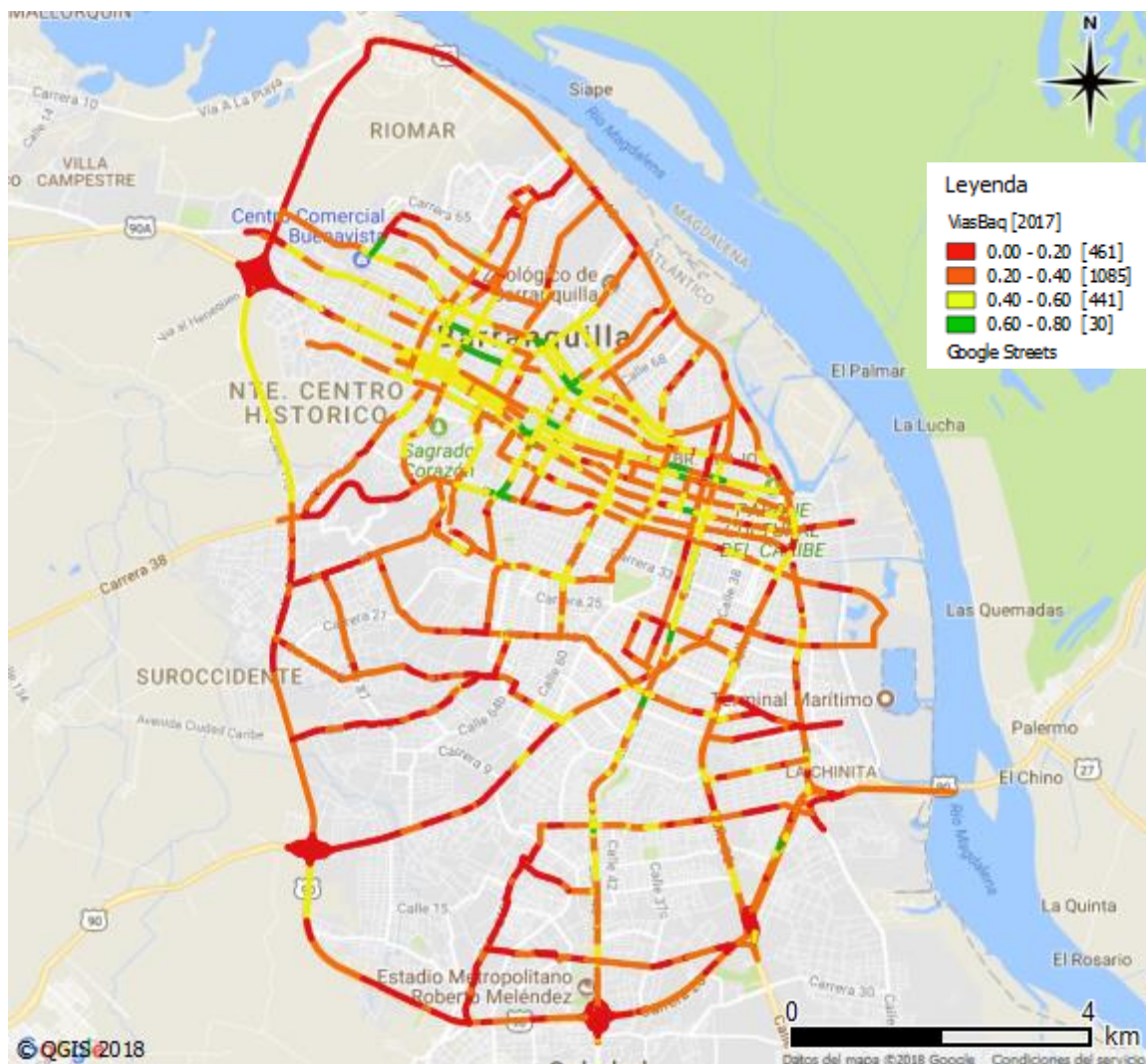


Ilustración XIII. Índice de accesibilidad peatonal en las vías principales de Barranquilla. (Mapa elaborado en Qgis)

## 6.1. Políticas

Con el fin de evaluar el impacto de diferentes políticas de transporte sostenible en la caminabilidad de las vías principales evaluadas en Barranquilla, se estimó la variación del índice al implementar dichas políticas. El análisis de las posibles políticas consideró cambios en los atributos de mayor influencia dentro del índice de accesibilidad peatonal. Una de las restricciones consideradas, es que las políticas propuestas sean viables y aplicables a la

realidad. Considerando lo anterior, y con el objetivo de mejorar en lo mas posible las condiciones de caminata. Los resultados de la simulación son los siguientes:

Tabla 10. Simulación de políticas.

POLITICAS	Wacc= 0,3063 Todas las categorías		Wacc= 0,3057 C1 - Vías Arterias		Wacc= 0,3401 C2 - Vías Semi-Arterias		Wacc= 0,2814 C3 - Vías Colectoras		Wacc= 0,3039 C4 - Vías Locales	
	Wat	Wacc	Wat	Wacc	Wat	Wacc	Wat	Wacc	Wat	Wacc
MOVILIDAD	0,4575		0,4742		0,4520		0,4380		0,4725	
Aumentar ancho del andén	0,5475	0,3126	0,5715	0,3027	0,5135	0,3428	0,5435	0,3009	0,5337	0,3283
Arreglar estado del andén	0,8037	0,3472	0,7824	0,3312	0,8155	0,3835	0,8189	0,3381	0,8375	0,3693
Quitar las discontinuidades del andén	0,4918	0,3051	0,5160	0,2952	0,4834	0,3387	0,4632	0,2900	0,5242	0,3270
Quitar los obstáculos del andén	0,5294	0,3102	0,5528	0,3002	0,5436	0,3468	0,4883	0,2934	0,5220	0,3267
SEG. VIAL	0,3131		0,2622		0,3594		0,3326		0,4241	
Instalar semáforos	0,6179	0,3758	0,5409	0,3584	0,6253	0,4001	0,6951	0,3762	0,7896	0,4103
Arreglar o instalar cebras o puentes peatonales	0,5225	0,3522	0,4677	0,3403	0,5643	0,3851	0,5509	0,3406	0,6305	0,3710
Disminuir el ancho de la vía vehicular	0,3162	0,3012	0,2670	0,2908	0,3620	0,3351	0,3338	0,2869	0,4272	0,3208
Disminuir la velocidad vehicular	0,4219	0,3274	0,4223	0,3291	0,4666	0,3609	0,3870	0,3001	0,4241	0,3200
Disminuir el volumen vehicular	0,3730	0,3153	0,3502	0,3113	0,4184	0,3490	0,3625	0,2940	0,4241	0,3200
ROBOS	0,1376		0,1592		0,1591		0,0996		0,0724	
Eliminar presencia de robos u homicidios	0,1694	0,3135	0,1890	0,3017	0,1911	0,3475	0,1342	0,3082	0,1020	0,3321
Aumentar flujo peatonal	0,1957	0,3243	0,2133	0,3117	0,2039	0,3528	0,1687	0,3223	0,1731	0,3612
Aumentar cantidad de CAI	0,6262	0,5003	0,6449	0,4882	0,6500	0,5352	0,5911	0,4950	0,5548	0,5173
Instalar cámaras	0,4127	0,4130	0,4202	0,3963	0,4248	0,4431	0,3973	0,4158	0,3789	0,4453
Eliminar presencia de grafitis	0,1430	0,3027	0,1662	0,2924	0,1634	0,3362	0,1037	0,2957	0,0777	0,3222
COMODIDAD	0,6099		0,5992		0,7230		0,5410		0,5732	
Eliminar presencia de edificios no agradables	0,6364	0,3099	0,6258	0,3094	0,7411	0,3426	0,5745	0,2860	0,5931	0,3066
Sembrar arboles	0,6954	0,3180	0,7138	0,3214	0,7755	0,3473	0,6156	0,2916	0,6409	0,3131
Realizar limpieza constante	0,8500	0,3392	0,8588	0,3413	0,8902	0,3630	0,8134	0,3187	0,7948	0,3342
Aumentar el ancho de la vía vehicular	0,6479	0,3115	0,5992	0,3057	0,7623	0,3455	0,6195	0,2995	0,6910	0,3200
ATRACTIVIDAD	0,3969		0,4306		0,3796		0,3662		0,3938	
Aumentar las zonas de comercios	0,4563	0,3046	0,4853	0,2933	0,4480	0,3392	0,4229	0,2979	0,4722	0,3254
Aumentar las zonas de instituciones	0,4916	0,3070	0,5163	0,2955	0,4721	0,3408	0,4747	0,3015	0,4851	0,3263
Aumentar las zonas de parques	0,5914	0,3139	0,6175	0,3025	0,5755	0,3480	0,5704	0,3081	0,5817	0,3330
Aumentar las zonas de residencias	0,4290	0,3027	0,4831	0,2932	0,4015	0,3360	0,3819	0,2951	0,4011	0,3205
Aumentar las rutas y frecuencia del transporte publico	0,6183	0,3158	0,6192	0,3026	0,6201	0,3511	0,6139	0,3111	0,6340	0,3366

En donde:

- Wacc es el indice de caminabilidad o indice de accesibilidad.
- Wat es el indice del atributo o indice del componente (Movilidad, Seg. Vial, Seg.

Ante Robos, Comodidad, Atractividad).

De esta tabla se puede realizar un analisis en las variaciones que existen al aplicar una politica a la vez para el indice de caminabilidad y para el indice del componente por cada categoría de vía y todas en general. Las celdas sombreadas en amarillo son aquellos valores que tuvieron mayor variación con respecto al indice inicial sin la politica aplicada, esto significa, que las politicas con valores sombreados en amarillo son las mas influyentes para que aumente el indice de

caminabilidad. Cabe aclarar que las políticas a simular no tienen como finalidad lograr vías que sean perfectamente caminables, ya que para ello, tocaría tomar medidas extremistas y seguramente muy costosas. Se consideraron medidas extrimistas como “Aumentar el ancho del andén”, “Quitar obstaculos”, “Instalar semáforos”, “Aumentar cantidad de CAI”, y “Aumentar zonas de parques”, como se puede observar en la tabla 10, todas son políticas que aumentan el índice de caminabilidad considerablemente, sin embargo, estas políticas se deben realizar en todos los tramos de vías, por lo que las vuelven una medida muy extremista ya que aplicar estas políticas infieren reconstrucción del espacio publico. Por ello se descartan las políticas no viables a pesar de que sean de las que más aumentan el índice de caminabilidad. Las políticas propuestas son las siguientes:

#### **6.1.1. Propuesta #1.**

Las políticas propuestas se basan en los atributos que más influyen en el aumento del índice de caminabilidad teniendo en cuenta su viabilidad en la realidad.

- Arreglar el estado de los andenes de las vías. Según los datos de la percepcion de los peatones es mucho mas importante las condiciones del anden que su mismo ancho.
- Arreglar o proveer cebras o puentes peatonales en cada vía para mejorar la seguridad vial. A pesar que el atributo que más influencia tiene sobre la percepción de seguridad es el Semáforo, instalar estos dispositivos en cada interseccion no es viable e incluso contraproducente. Por lo anterior, se plantea una política de arreglo y provisión de cebras y puentes peatonales.
- Instalar camaras de seguridad en cada intersección de vías. A pesar que el atributo que mejor aumenta el indice de accesibilidad son la presencia de policias, resultaría muy costoso la inversion en la construcción de numerosos CAI de policias y el incremento de la misma



fuerza policial resulta inviable. Por tal motivo, se considera la instalación de camaras de seguridad.

- Realizar limpieza constante para mantener las vías sin escombros, exceso de maleza o basura para mejorar la comodidad del peatón al caminar.
- Aumentar la cantidad y frecuencia de rutas de buses para mejorar la atractividad, ya que es el atributo que indica que mejor aumenta el indice de accesibilidad peatonal. Mayor acceso al transporte publico, mayor flujo peatonal.

La variación del indice de accesibilidad peatonal aplicando estas politicas aumenta de 0.3063 a 0.5655 como se puede ver en la tabla 11. (estos valores son el promedio general de todas la vías antes y despues de aplicar la propuesta).

*Tabla 11. Variación de los índices con la aplicación de la propuesta 1.*

	Variación		
Movilidad	0,4575	a	0,8037
Seg. Vial	0,3131	a	0,5225
Robos	0,1376	a	0,4127
Comodidad	0,6099	a	0,8500
Atractividad	0,3969	a	0,6183
Wacc	0,3063	a	0,5655

### 6.1.2. Propuesta #2.

Se pudo notar en la tabla 10 que en la mayoría de los casos las políticas de mayor influencia son las mismas para casi todas las categorías, sin embargo, hay casos de politicas que influyen más en una categoría de vía que en otra. Por tal motivo se realiza la segunda propuesta en donde se toman todas las politicas hechas en la propuesta #1 y se tiene en cuenta politicas para cada categoría en particular (Ver tabla 12).

Tabla 12. Políticas - propuesta #2.

Vías arterias	Debido a que estas vías son de gran volumen vehicular y de longitudes grandes, para mejorar la movilidad peatonal se propone mejorar aumentar el ancho de los andenes que no cumplan con las especificaciones minimas.
Vías semiarterias	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En este tipo de vía se propone quitar las obstrucciones para mejorar la movilidad.</li> <li>• En este caso para mejorar la seguridad vial ademas de las cebras o puentes peatonales, hay que disminuir el limite de velocidad vehicular permitida.</li> </ul>
Vías colectoras	Sembrar arboles, debido a que estas vías estan ubicadas por lo general en zonas residenciales. La influencia de los arboles tienen un impacto mayor con respecto las vías anteriores para aumentar la caminabilidad peatonal.
Vías locales	Sembrar arboles, debido a que estas vías estan ubicadas en zonas residenciales. La influencia de los arboles tienen un impacto mayor para aumentar la caminabilidad peatonal con respecto a las vías arterias y semiarteria.
Para todas las vías en general	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arreglar el estado de los andenes de las vías.</li> <li>• Para mejorar la seguridad vial para los peatones al momento de cruzar la vía, se propone arreglar o instalar cebras o puentes como medida.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar la limpieza para mejorar la comodidad para caminar de los peatones. (andenas sin escombros, exceso de maleza o basura)</li> <li>• Aumentar el acceso al transporte publico mejora la atractividad de una vía para la caminabilidad del peatón.</li> </ul>
--	---

La variación del indice de caminabilidad peatonal aplicando estas políticas aumenta de 0.3063 a 0.5838 como se puede ver en la tabla 13. (estos valores son el promedio general de todas la vías antes y despues de aplicar la propuesta)

*Tabla 13. Variación de los índices con la aplicación de la propuesta 2.*

	Variación		
Movilidad	0,4575	a	0,8658
Seg. Vial	0,3131	a	0,5483
Robos	0,1376	a	0,4127
Comodidad	0,6099	a	0,8756
Atractividad	0,3969	a	0,6183
Wacc	0,3063	a	0,5838

Por otro lado, a pesar de que se apliquen estas politicas y que el indice de accesibilidad aumente casi al doble (lo cual es un aumento significativo), aun no se alcanza un indice de caminabilidad promedio alto para las vías principales de la ciudad en estudio. Sin embargo, ya se encuentra por encima de la media y por ende se pasaría de tener vías con malas condiciones desde el punto de vista de la caminabilidad peatonal a vías en regulares condiciones.

## **7. Conclusiones e investigaciones o aplicaciones futuras**

En esta sección se presentan las principales conclusiones del estudio y las futuras investigaciones y/o aplicaciones de este proyecto, las cuales se clasifican según sus impactos y efectos esperados.

Este proyecto de grado permitió obtener un índice de accesibilidad peatonal sobre todas las vías principales de la ciudad de Barranquilla y construir una línea base para conocer su estado respecto a las condiciones de caminabilidad que ofrecen. En promedio, las condiciones de caminabilidad que actualmente presenta la ciudad son malas (índice promedio ponderado menor a 0.32).

La metodología utilizada se basa en la obtención de datos a partir de Google Earth y Google Street View, lo cual permite a los investigadores o autoridades de la ciudad (y de otras ciudades) replicar la metodología fácilmente, con bajo costo y bajo consumo de tiempo. Los indicadores obtenidos en este proyecto de grado se recopilaron en bases de datos, y se generaron capas geográficas que permitirán a los futuros investigadores adaptarlos en sus estudios y realizar análisis espaciales considerando otras variables geográficas.

Este proyecto de grado permitió evaluar el efecto de diferentes políticas sobre la caminabilidad en las vías principales. A pesar de que se apliquen estas políticas y que el índice de accesibilidad aumente casi al doble (lo cual es un aumento significativo), con las propuestas planteadas en este proyecto de grado aún no será posible alcanzar un índice de caminabilidad promedio alto para las vías principales de la ciudad. Sin embargo, se logrará un índice ponderado promedio por encima de 0.5 y por ende se pasaría de tener vías con malas condiciones desde el punto de vista de la caminabilidad peatonal a vías en regulares condiciones. En investigaciones futuras, se plantea evaluar otras políticas que podrían influenciar la caminabilidad sobre las vías.

Otros resultados esperados cuando se lleve a cabo la aplicación de las políticas presentadas en este proyecto y de otras políticas tendrían los siguientes impactos sociales y medio ambientales, los cuales deberían también cuantificarse en futuros estudios.

### **7.1. Impactos Sociales esperados**

- La implementación de políticas de transporte sostenible adecuadas permitirá obtener vías aptas para la circulación de todo público. Investigaciones futuras deberían incluir análisis de políticas hacia la inclusión de peatones con diferentes discapacidades.
- Aumentar el uso del transporte sostenible permitirá obtener efectos positivos en la salud a través del fomento del ejercicio y la disminución de la tasa de sedentarismo y la tasa de enfermedades crónicas que esta ocasiona, como es la diabetes, la obesidad, enfermedades cardiovasculares y el cáncer. Investigaciones futuras deberían cuantificar los efectos en la salud por incremento en las condiciones de caminabilidad, en el contexto de la ciudad.

### **7.2. Medio ambiente:**

- Optimizar el espacio público.
- Disminuir el uso del transporte pasivo para así disminuir también la contaminación que ocasiona los vehículos.
- Al aumentar y mejorar las infraestructuras para peatones de igual manera se aumentará las zonas verdes, ya que las vías planificadas deben poseer por norma zonas verdes.

## Anexos

*Anexo A.* Encuesta escogida sobre la percepción de los peatones ante las vías de Barranquilla. (Saltarín, 2017)

Edad: \_\_\_\_\_

Sexo: \_\_\_\_\_

Estrato: \_\_\_\_\_

Barrio donde vive: \_\_\_\_\_

### MOVILIDAD EN EL ANDÉN

Ordene de 1 al 5, siendo 1 el de menor importancia y 5 el de mayor importancia, los siguientes elementos con respecto a su contribución en la movilidad sobre un andén.

☐

Un andén ancho

☐

Un andén en buen estado, sin huecos o grietas

☐

Un andén sin rampas para vehículos y/o bordillos en la mitad del camino

☐

Un andén sin carros parqueados

☐

Un andén libre de obstáculos como postes, casetas comerciales y ventas

### SEGURIDAD ANTE ACCIDENTES

Ordene de 1 al 5, siendo 1 el de menor importancia y 5 el de mayor importancia, los siguientes elementos que contribuyen para que usted se sienta seguro cuando se cruza una vía.

☐

Los carros que transitan sobre la vía tienen bajas velocidades

☐

Hay pocos carros transitando sobre la vía

☐

Hay semáforos y señales viales

☐

Hay cebras o puentes peatonales

☐

La calle sea angosta

**SEGURIDAD ANTE ROBOS**

Ordene de 1 al 5, siendo 1 el de menor importancia y 5 el de mayor importancia, los siguientes elementos que contribuyen para que usted se sienta seguro ante algún posible robo sobre un andén

☐

Hay cámaras de seguridad en la zona

☐

Hay policías a la vista

☐

No hay grafitis en los edificios

☐

Hay otros peatones circulando sobre el andén

☐

Se sabe que no se han presentado robos en la vía

**COMODIDAD EN EL ANDÉN**

Ordene de 1 al 5, siendo 1 el de menor importancia y 5 el de mayor importancia, los siguientes elementos que contribuyen para que usted se sienta cómodo caminando sobre un andén

☐

El andén está limpio

☐

Hay árboles cercanos en el andén

☐

La calle es ancha y los edificios son de baja altura lo que les permiten tener una visión más amplia del lugar.

☐

Hay sombra sobre el andén

☐

Los edificios y/o casas son agradables a la vista

**SITIOS DE INTERÉS CERCANAS A UN ANDÉN**

Ordene de 1 al 5, siendo 1 el de menor importancia y 5 el de mayor importancia, los siguientes lugares a los que se desplaza con mayor frecuencia caminando.

- ☐ Hay sitios de comercio
- ☐ Hay sitios institucionales como oficinas públicas o bancos
- ☐ Hay casas cercanas
- ☐ Es fácil el acceso al transporte público
- ☐ Hay espacios públicos como parques, monumentos y/o plazas

**SUS PREFERENCIAS PARA ELEGIR DONDE CAMINAR EN UN LUGAR**

Ordene de 1 al 5, siendo 1 el de menor importancia y 5 el de mayor importancia, estos elementos que contribuyen para que usted decida escoger caminar por un andén.

- ☐ Movilidad en el andén
- ☐ Seguridad ante robos
- ☐ Seguridad ante accidentes
- ☐ Comodidad al caminar en el andén
- ☐ Hay sitios de interés en el andén: zonas comerciales, bancos, casas cercanas, parques o es fácil el acceso a transporte público



### Referencias

- Alfonzo, M. A. (2005). To walk or not to walk? The hierarchy of walking needs. *Environment and Behavior*, 37(6), 808-836.
- Asadi-Shekari, Z., Moeinaddini, M., & Shah, M. Z. (2013a). Disabled Pedestrian Level of Service Method for Evaluating and Promoting Inclusive Walking Facilities on Urban Streets. *Journal of Transportation Engineering-Asce*, 139(2), 181-192. doi:10.1061/(asce)te.1943-5436.0000492
- Badland, H., White, M., MacAulay, G., Eagleson, S., Mavoa, S., Pettit, C., et al. (2013). Using simple agent-based modeling to inform and enhance neighborhood walkability. [Article]. *International Journal of Health Geographics*, 12, 10.
- Beiler, M. R. O., & Phillips, B. (2016). Prioritizing Pedestrian Corridors Using Walkability Performance Metrics and Decision Analysis. [Article]. *Journal of Urban Planning and Development*, 142(1), 12.
- Black, W. (1996). Sustainable transportation: a US perspective. *Journal of Transport Geography*, 151–159.
- Bradshaw, C. (1993). Creating—and Using—a Rating System for Neighborhood Walkability: Towards an Agenda for “Local Heroes.”.
- Chile, D. -U. (2007). *Publicaciones CEGES*. Obtenido de <http://www.dii.uchile.cl/~ceges/publicaciones/ceges48.pdf>
- Church, R., & Marston, J. (2003). Measuring accessibility for people with a disability. *Geographical Analysis*, 83-96.

- Dandan, T. A. N., Wei, W., Jian, L. U., & Yang, B. (2007). Research on methods of assessing pedestrian level of service for sidewalk. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 7(5), 74-79.
- Deluka-Tibljaš, A., Karleuša, B., & Dragičević, N. (2013). Review of multicriteria-analysis methods application in decision making about transport infrastructure. *Gradevinar*, 619-631.
- Digital, I. -I. (2015). *Que es Google Earth*.
- Dobesova, Z., & Krivka, T. (2012). *Walkability index in the urban planning: A case study in Olomouc city: INTECH Open Access Publisher*.
- Ellis, G., Hunter, R., Tully, M. A., Donnelly, M., Kelleher, L., & Kee, F. (2016). Connectivity and physical activity: using footpath networks to measure the walkability of built environments. [Article]. *Environment and Planning B-Planning & Design*, 43(1), 130-151.
- Frackelton, A., Grossman, A., Palinginis, E., Castrillon, F., Elango, V., & Guensler, R. (2013). Measuring walkability: Development of an automated sidewalk quality assessment tool. *Suburban Sustainability*, 1(1), 4.
- Frackelton, A. (2013). *Pedestrian transportation project prioritization incorporating app-collected sidewalk data*.
- Frank, L. D., Sallis, J. F., Conway, T. L., Chapman, J. E., Saelens, B. E., & Bachman, W. (2006). Many pathways from land use to health: associations between neighborhood walkability and active transportation, body mass index, and air quality. *Journal of the American Planning Association*, 75-87.
- Frank, L. D., Schmid, T. L., Sallis, J. F., Chapman, J., & Saelens, B. E. (2005). Linking objectively measured physical activity with objectively measured urban form: findings from SMARTRAQ. *American journal of preventive medicine*, 117-125.

- Freeman, L., Neckerman, K., Schwartz-Soicher, O., Quinn, J., Richards, C., Bader, M. D. M., et al. (2013). Neighborhood Walkability and Active Travel (Walking and Cycling) in New York City. [Article]. *Journal of Urban Health-Bulletin of the New York Academy of Medicine*, 90(4), 575-585.
- Gallin, N. (2001). Quantifying pedestrian friendliness--guidelines for assessing pedestrian level of service. *Road & Transport Research*, 10(1), 47.
- Glazier, R. H., Weyman, J. T., Creatore, M. I., Gozdyra, P., Moineddin, R., Matheson, F. I., et al. (2008). Development and validation of an urban walkability index for Toronto, Canada. *Canadian Journal of Diabetes*, 32(4).
- Gori, S., Nigro, M., & Petrelli, M. (2014). Walkability Indicators for Pedestrian-Friendly Design. [Article]. *Transportation Research Record*(2464), 38-45.
- Ha, E., Joo, Y., & Jun, C. (2011). An empirical study on sustainable walkability indices for transit-oriented development by using the analytic network process approach. *International Journal of Urban Sciences*, 15(2), 137-146.
- Hall, R. A. (2010). *HPE's Walkability Index--Quantifying the Pedestrian Experience*.
- Hasan, T., Siddique, A., Hadiuzzaman, M., & Musabbir, S. R. (2015). Determining the Most Suitable Pedestrian Level of Service Method for Dhaka City, Bangladesh, Through a Synthesis of Measurements. [Article]. *Transportation Research Record*(2519), 104-115.
- Hansen, W. G. (1959). How accessibility shapes land use. *Journal of the American Institute of planners*, 25(2), 73-76.
- HCM. (2000). HCM 2000. Washington, DC: Transportation Research Board.
- Jaskiewicz, F. (2000). Pedestrian level of service based on trip quality. *Transportation Research Circular, TRB*.

Jensen, S. U. (2007). Pedestrian and bicyclist level of service on roadway segments. [Article].

*Transportation Research Record*(2031), 43-51.

Jorge Avila Pareja. (2014). FONDO DE SEGURIDAD Y CONVIVENCIA CIUDADANA.

*Informe de Gestión. In.*

[http://www.barranquilla.gov.co/fondodeseguridad/component/docman/doc\\_view/6-informe-de-gestion-2013-fscc](http://www.barranquilla.gov.co/fondodeseguridad/component/docman/doc_view/6-informe-de-gestion-2013-fscc).

Kelly, C. E., Tight, M. R., Hodgson, F. C., & Page, M. W. (2011). A comparison of three methods for assessing the walkability of the pedestrian environment. [Article]. *Journal of Transport Geography*, 19(6), 1500-1508.

Khisty, C. J. (1994). *Evaluation of pedestrian facilities: beyond the level-of-service concept* (No. 0309055199).

Kim, S., Choi, J., & Kim, S. (2013). Roadside walking environments and major factors affecting pedestrian level of service. *International Journal of Urban Sciences*, 17(3), 304-315.

Krambeck, H. V. (2006). *The global walkability index*.

Kubat, A. S., Ozer, O., & Ozbil, A. (2013). *DEFINING A STRATEGICAL FRAMEWORK FOR URBAN PEDESTRIANIZATION PROJECTS*.

Landis, B. W., Vattikuti, V. R., Ottenberg, R. M., McLeod, D. S., Guttenplan, M., & Trb. (2001).

Modeling the roadside walking environment - Pedestrian level of service 2001 Trb

Distinguished Lecture, Pt 1 - Bicycle and Pedestrian Research, Pt 2: Safety and Human

Performance (pp. 82-88). *Washington: Transportation Research Board Natl Research Council*.

Lee, S., Lee, S., Son, H., & Joo, Y. (2013). A new approach for the evaluation of the walking environment. *International journal of sustainable transportation*, 7(3), 238-260.

- Lerman, Y., Rofè, Y., & Omer, I. (2014). Using space syntax to model pedestrian movement in urban transportation planning. *Geographical Analysis*, 46(4), 392-410.
- Loo, B. P. Y., & Lam, W. W. Y. (2012). Geographic accessibility around health care facilities for elderly residents in Hong Kong: a microscale walkability assessment. [Article]. *Environment and Planning B-Planning & Design*, 39(4), 629-646.
- Mantri, A. (2008). *A GIS based approach to measure walkability of a neighborhood*.
- Matley, T., Goldman, L., & Fineman, B. (2000). Pedestrian travel potential in Northern New Jersey: A metropolitan Planning organization's approach to identifying investment priorities. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1-8.
- Mackett, R., Achuthan, K., & Titheridge, H. (2008). AMELIA: making streets more accessible for people with mobility difficulties. *Urban Design International*, 81-89.
- Mehta, V. (2008). Walkable streets: pedestrian behavior, perceptions and attitudes. *Journal of Urbanism*, 1(3), 217-245.
- Saltarín, M. A. (2017). *Diseño de una metodología para evaluación de accesibilidad de transporte no motorizado* (Tesis de maestría). Barranquilla, Colombia: Universidad del Norte.
- Moudon, A. V., Lee, C., Cheadle, A. D., Garvin, C., Johnson, D., Schmid, T. L., et al. (2006). Operational definitions of walkable neighborhood: theoretical and empirical insights. *Journal of Physical Activity & Health*, 3, S99.
- Moura, F., Cambra, P., & Gonçalves, A. B. (2017). Measuring walkability for distinct pedestrian groups with a participatory assessment method: A case study in Lisbon. *Landscape and Urban Planning*, 157, 282-296.
- Muraleetharan, T., & Hagiwara, T. (2007). Overall level of service of urban walking environment and its influence on pedestrian route choice behavior: analysis of pedestrian

- travel in Sapporo, Japan. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*.
- Muñuzuri, J., Cortés, P., Onieva, L., Guadix, & Jose. (2013). *Simulating the effects of pedestrianisation on urban freight deliveries*.
- Niemeier, D. A. (1997). Accessibility: an evaluation using consumer welfare. *Transportation*, 24(4), 377-396.
- Park, S. (2008). *Defining, measuring, and evaluating path walkability, and testing its impacts on transit users' mode choice and walking distance to the station: ProQuest*.
- Park, S., Choi, K., & Lee, J. S. (2015). To Walk or Notto Walk: Testing the Effect of Path Walkability on Transit Users' Access Mode Choices to the Station. [Article]. *International Journal of Sustainable Transportation*, 9(8), 529-541.
- Park, S., Deakin, E., & Lee, J. S. (2014). Perception-Based Walkability Index to Test Impact of Micro level Walkability on Sustainable Mode Choice Decisions. [Article]. *Transportation Research Record(2464)*, 126-134.
- Parks, J. R., & Schofer, J. L. (2006). Characterizing neighborhood pedestrian environments with secondary data. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 11(4), 250-263.
- Peiravian, F., Derrible, S., & Ijaz, F. (2014). Development and application of the Pedestrian Environment Index (PEI). *Journal of Transport Geography*, 39, 73-84.
- Reyer, M., Fina, S., Siedentop, S., & Schlicht, W. (2014). Walkability is Only Part of the Story: Walking for Transportation in Stuttgart, Germany. [Article]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(6), 5849-5865.

- Sayyadi, G., & Awasthi, A. (2012). AHP-based approach for location planning of pedestrian zones: Application in Montréal, Canada. *Journal of Transportation Engineering*, 239-246.
- Swords, A., Goldman, L., Feldman, W., Ehrlich, T., & Bird Jr, W. (2004). Analytical framework for prioritizing bicycle and pedestrian investments: New Jersey's statewide master plan update, phase 2. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*(1878), 27-35.
- Tal, G., & Handy, S. (2012). Measuring nonmotorized accessibility and connectivity in a robust pedestrian network. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*(2299), 48-56.
- Talavera-Garcia, R., & Soria-Lara, J. A. (2015). Q-PLOS, developing an alternative walking index. *A method based on urban design quality. Cities*, 45, 7-17.
- Tribby, C. P., Miller, H. J., Brown, B. B., Werner, C. M., & Smith, K. R. (2016). Assessing built environment walkability using activity-space summary measures. [Article; Proceedings Paper]. *Journal of Transport and Land Use*, 9(1), 187-207.
- Vale, D. S., Saraiva, M., & Pereira, M. (2015 ). Active accessibility: A review of operational measures of walking and cycling accessibility. *Journal of Transport and Land Use*.
- Vargo, J., Stone, B., & Glanz, K. (2012). Google walkability: a new tool for local planning and public health research?. *Journal of Physical Activity and Health*, 9(5), 689-697.
- Wey, W. M., & Chiu, Y. H. (2013). Assessing the walkability of pedestrian environment under the transit-oriented development. [Article]. *Habitat International*, 38, 106-118.
- Woldeamanuel, M., & Kent, A. (2015). Measuring walk access to transit in terms of sidewalk availability, quality, and connectivity. *Journal of Urban Planning and Development*, 142(2), 04015019.

Yin, L. (2013). Assessing Walkability in the City of Buffalo: Application of Agent-Based Simulation. [Article]. *Journal of Urban Planning and Development*, 139(3), 166-175.

### Bibliografía

Bierlaire, M. (2016). PythonBiogeme: a short introduction. Report TRANSP-OR 160706 ,Series on Biogeme. *Transport and Mobility Laboratory, School of Architecture, Civil and Environmental Engineering, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Switzerland*.

Obtenido de <http://biogeme.epfl.ch/home.html>

Blecic, I., Cecchini, A., Congiu, T., Fancello, G., & Trunfio, G. A. (2015). Evaluating walkability: a capability-wise planning and design support system. [Article]. *International Journal of Geographical Information Science*, 29(8), 1350-1374.

Carr, L. J., Dunsiger, S., & Marcus, B. H. (2010). VALIDITY OF WALK SCORE T FOR ESTIMATING NEIGHBORHOOD WALKABILITY. [Meeting Abstract]. *Annals of Behavioral Medicine*, 39, 72-72.

Digital, I. -I. (2015). *Que es Google Earth*.

ESRI. (2016). *ESRI*. Obtenido de <http://www.esri.com/es/arcgis/products/arcgis-pro/overview>

Ewing, R., Connors, M. B., Goates, J. P., Hajrasouliha, A., Neckerman, K., Nelson, A. C., & Greene, W. (2013). *Validating urban design measures*.

Hochmair, H. H. (2009, 2009). *GIS-based identification of effective bicycle level of service improvement in street networks*.

Larsen, J., Patterson, Z., & El- Generdy, A. (2013). Build It. But Where? The use of geographic systems in identifying locations for new cycling infrastructure. *International Journal of Sustainable Transportation*, 299-317.



- Lowry, M., Callister, D., Gresham, M., & Moore, B. (2012). Using bicycle level of service to assess community-wide bikeability. *91st Annual Meeting of the Transportation Research Board*. Washington, DC: Transportation Research Board.
- Manaugh, K., Miranda-Moreno, L. F., & El-Geneidy, A. M. (2010). The effect of neighbourhood characteristics, accessibility, home–work location, and demographics on commuting distances. *Transportation*, 37(4), 627-646.
- Norte, U. d. (2015). *Modelos de Elección Modal. Barranquilla*.
- Organization, W. H. (2009). Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks. *World Health Organization*.
- PLANEACION, S. D. D., & DISTRITO DE BARRANQUILLA. (2014). *Anexo No 4: Manual de Espacio Público*.
- Rybarczyk, G., & Wu, C. (2010). Bicycle facility planning using GIS and multi-criteria decision analysis. *Applied Geography*, 282-293.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. (2000). Accesibilidad al medio físico y al transporte. *MANUAL DE REFERENCIA. In*.
- Vidarte Claros, J. A., Vélez Álvarez, C., Sandoval Cuellar, C., & Alfonso Mora, M. L. (2011). Actividad física: Estrategia de promoción de la salud. *Hacia la Promoción de la Salud*, 202-218.